


السنة 15 | العدد 59 | شوال- ذو الحجة 1439هـ/ يوليو- سبتمبر 2018م

**هل الحضارة الغربية**
آيلة للسقوط؟

**بلوك تشين:**
تقانة تغير مستقبل العالم

**المريخ الكوكب الأحمر..**
لماذا الآن؟

# الطاقة النووية

## ضرورة إستراتيجية وتحدٍ تقني



الجمعية الخيرية لرعاية الأيتام
CHARITY COMMITTEE FOR ORPHANS CARE





## تكريم «الفيصل العلمية» الراعي الإعلامي للحملة الخليجية للتوعية بالسرطان

كرّمت الحملة الخليجية للتوعية بالسرطان مجلة (الفيصل العلمية) بوصفها الراعي الإعلامي للحملة التي نُظّمت خلال المدة 4-10 جمادى الأولى 1438هـ/ 1-7 فبراير 2017م تحت شعار (40٪ وقاية و40٪ شفاء) برعاية صاحب السمو الملكي الأمير فيصل بن بندر بن عبدالعزيز أمير منطقة الرياض.

وجاء تكريم (الفيصل العلمية) بدرع تذكارية قدّمها الدكتور علي بن سعيد الزهراني المدير التنفيذي للمركز الخليجي لمكافحة السرطان، والدكتور صالح بن فهد العثمان رئيس اللجنة التنفيذية للحملة؛ تثميناً لدور المجلة التوعوي والتثقيفي، وجهودها في نشر الثقافة العلمية، وتفاعلها مع الحملة بإعداد ملف شامل عن الحملة بعنوان: (إمبراطور الأمراض.. السرطان: تحديات المرض وأمل العلاج).

# الطاقة النووية

## ورؤية 2030

أول مرة في تاريخ المملكة العربية السعودية، تصبح الطاقة النووية بنداً إستراتيجياً مهماً لها خطة مبنية على فهم ورؤية مستقبلية واضحة قابلة للتطبيق. فوفقاً لرؤية (2030)، فإن المملكة تطمح إلى إنتاج ما يعادل 45.3 جيجاوات من الطاقة المتجددة في عام 2020م، يرتفع إلى 9.5 جيجاوات في عام 2023م، وذلك حسب ما صرح به وزير الطاقة المهندس خالد الفالح.

كانت الطاقة النووية موجودة دائماً على خريطة السياسة السعودية، ولكنها تجاذبتها عناصر كثيرة، كانت تقدم رجلاً وتؤخر أخرى. كان يبدو أن هناك من هو متحمس لها و مدرك لأهمية وجودها، وآخرون يعتقدون أننا لسنا مؤهلين لها، ومتخوفون منها.

لذلك كانت هناك خطط لتطبيق التقنية النووية فة المملكة، ولكن كانت هناك أيضاً حواجز وموانع، بل معوقات لاستمرارها. وأنا في الأسطر الآتية أتحدث عن تجربة شخصية عايشتها بحكم تخصصي.

ففي عام 1975م، أنشئت كلية الهندسة بجامعة الملك عبد العزيز بجدة، وكان أحد الأقسام التي أنشئت آنذاك «قسم العلوم التطبيقية»، وكان قسماً مغايراً ومختلفاً لما هو موجود، مثل قسم الهندسة المعمارية- الأكثر جاذبية للطلبة بعد كلية الطب آنذاك- وقسم الهندسة الكهربائية، وقسم الهندسة الكيميائية، وقسم الهندسة الصناعية وغيرها.

كان عددنا في تلك الكلية لا يتجاوز عشرة طلاب. ولكن وبعد مضي فصل واحد- طبعاً بعد السنة التمهيدية العامة- صدرت أوامر بتغيير مسمى القسم إلى «قسم الهندسة النووية» ،مما أغضب بعض الطلبة، فانسحبوا من القسم، وذهبوا إلى «قسم الهندسة الصناعية»، وكان أحدهم وأبرزهم المهندس والوزير السابق عادل فقيه.

كانت وزارة البترول والثروة المعدنية آنذاك قد تعاقدت مع شركة فرنسية في مجال الطاقة النووية بوصفها شركة استشارية من ضمن مهامها: دراسة طبوغرافية المملكة، واختيار أفضل المواقع لإنشاء محطة نووية في المملكة.

وأذكر أن هذه الشركة دعمت رحلة صيفية لطلبة قسم «الهندسة النووية»، وبعض الطلبة من أقسام أخرى في الكلية لزيارة فرنسا مدة أسبوع، إذ نظمت رحلات علمية إلى بعض المحطات النووية في عدة مدن فرنسية والتي كانت تشرف عليها. كان ذلك نحو 1977م. غير أن حادث «ثري مايلزأيلاند» «Three Miles Island» الذي وقع في مارس عام 1979م في ولاية بنسلفانيا في أمريكا، وعلى الرغم من أنه لم ينتج منه ضرر كبير على البيئة المحيطة به، إلا أنه أثر بشكل سلبي في برنامج الطاقة النووية في المملكة، فلم يعد يذكر أبداً، وتخرج الطلبة في الكلية، ولم يجدوا غير المستشفيات ليعملوا بها.

انتعش المشروع مرة أخرى في عام 1983م، إذ اهتمت مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية بمشروع الطاقة النووية في المملكة، وبدأت بخطوات جادة في تهيئة التربة اللازمة لذلك، فدعمت برنامجاً

للماجستير في الهندسة النووية في جامعة الملك سعود في الرياض- مع أن جامعة الملك سعود لم يكن لديها برنامج للهندسة النووية في البكالوريوس-لتدريس وتهيئة الكوادر السعودية لبرنامج الطاقة النووية، وجرى التعاقد مع جامعة في الصين الوطنية للاستعانة بمعاملها وكوادرها إلى حين الانتهاء من تركيب المعامل الخاصة في جامعة الملك سعود، غير أن الكارثة النووية الثانية والأشد خطورة وقعت في أوكرانيا في 29 إبريل عام 1986م، كارثة انفجار مفاعل تشيرنوبيل، إذ وقع انفجار هائل تسبب في انفجار الغطاء العلوي للمفاعل، وقذفت المواد المشعة من داخل المفاعل حتى ارتفاع 1200 متر، وتواصلت الانبعاثات حتى الخامس من مايو، وانتشر في الجو قرابة 12 مليار بيكريل- وحدة قياس الإشعاع- خلال عشرة أيام.

وأثرت تلك الكارثة في برنامج مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية، وأبطأت المشروع، وأغلق برنامج الماجستير، وتأثرت بعض المعامل، وتوقفت مشروعات أخرى مرتبطه به.

وحصل مثل ذلك عند حدوث كارثة فوكوشيما اليابانية. أي آن هناك تيارات ترى أهمية الصناعات النووية، وتيارات ترى أننا لسنا مستعدين لها بعد.

وجاءت رؤية (2030) لتضع إستراتيجية واضحة للتطبيقات النووية السلمية، وإنتاج الطاقة الكهربائية من مصادر آخري غير البترول، وأحد تلك المصادر الطاقة النووية.

فقد وافق مجلس الوزراء في 13 مارس 2018م، على إنشاء المشروع الوطني للطاقة الذرية، الذي يهدف إلى دخول المملكة العربية السعودية المجال النووي السلمي، إذ توفر الطاقة النووية للمملكة فرصة تطوير مصدر آمن وفاعل وموثوق به، وصديق للبيئة، ويساهم أيضاً في إستراتيجية تنويع مصادر الطاقة في الدولة، مما يضمن تحقيق مستقبل آمن ومستديم للطاقة.

كما صدر الأمر السامي بإنشاء «المركز الوطني للرقابة النووية والإشعاع»، الذي يشرف على جميع الأنشطة ذات العلاقة بالإشعاع والمواد المشعة في المملكة العربية السعودية.

وبهذا تكون المملكة العربية السعودية قد وضعت اللبنة الأولى لإنشاء صناعة الطاقة النووية في المملكة للأغراض السلمية، علماً بأن صناعة الطاقة النووية لن تؤثر فقط في إستراتيجية الطاقة وحدها، بل إنها سوف توجد وتساهم في رفع مستوى التقنيات المستخدمة في شتى مجالات الصناعة، إضافة إلى رفع مستوى تقنيات المراقبة والتقييس الإشعاعي في المملكة، كما سوف تساهم في رفع مستوى صناعة البناء وأنظمة البناء في المملكة، وغير ذلك، مثل: الجوانب القانونية والأخلاقية والبيئية، فهي منظومة كاملة يجب النظر إليها بصفتها مشروعاً وطنياً متكاملاً للرفع من المستوى التقني والعلمي والإستراتيجي والأمني للمملكة.

مشروع الطاقة النووية السلمي مهم وطنياً وإستراتيجياً وأمنياً وتقنياً لمصلحة مستقبل المملكة العربية السعودية، وليس ترفاً.

نرجو أن يساهم هذا الملف في إلقاء الضوء على أهمية هذه الصناعة، وعلى ضرورة دعم رؤية (2030) إعلامياً.

**د. عبدالله الحاج - رئيس التحرير**




www.alfaisal-scientific.com

contact@alfaisal-scientific.com

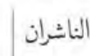
@alfaisalscimag

alfaisalscientific

مجلة فصلية تهتم بنشر الثقافة العلمية في الوطن العربي

السنة 15 | العدد 59 | شوال- ذو الحجة 1439هـ/ يوليو- سبتمبر 2018م

الناشران








**مراسلات التحرير والإدارة**

ص.ب (51049) الرياض 11543

مركز الملك فيصل للبحوث والدراسات الإسلامية

مجلة الفيصل العلمية

المملكة العربية السعودية

هاتف : 4652255 (11 966+) - تحويلة 6596

فاكس: 4607890 (11 966+)

جـوال: 554972092 (966+)

**التسويق والإعلانات**

هاتف : 4652255 (11 966+)

فاكس: 4659992 (11 966+)



**ردمد**

8561-8821

**رقم الإيداع**

مكتبة الملك فهد الوطنية 1424/2315




## ضوابط النشر

- أن يكون المقال مكتوباً بلغة علمية مبسطة لفهم القارئ غير المتخصص.
- ألا يزيد المقال الواحد على 2000 كلمة مقاس A4.
- أن يلتزم الكاتب المنهج العلمي، ويشير إلى المصادر والمراجع العلمية الورقية والإلكترونية.
- ترحب المجلة بالمقالات المترجمة في الموضوعات العلمية الحديثة، شريطة أن يذكر المصدر وتاريخ النشر.
- ترحب المجلة بالآراء التي تخص القضايا العلمية، بشريطة ألاّ تزيد على 600 كلمة.
- يفضل إرسال المقالات عبر إيميل المجلة أو إرسال المقال على قرص مرن إن أمكن.
- يمنح كاتب المقال مكافأة مالية بعد نشر المقال.
- المقالات المنشورة في المجلة تعبر عن وجهة نظر أصحابها، ولا يعني نشرها تبني المجلة ما احتوت عليه من أفكار وآراء.



# ملف العدد

أول مرة في تاريخ المملكة العربية السعودية، تصبح الطاقة النووية بنداً إستراتيجياً مهماً لها خطة مبنية على فهم ورؤية مستقبلية واضحة قابلة للتطبيق، وذلك وفقاً لرؤية (2030).

وتتسم التقنيات النووية باتساع إطارها وتطاقها، فهي قد تكون بتعقيد مفاعلات القوى النووية لإنتاج الكهرباء، وخطورة وفتك الأسلحة النووية، ولكنها قد تكون أيضاً ببساطة جهاز كشف الدخان في أنظمة الإنذار عن الحريق. في ملف العدد نقف على مزايا الطاقة النووية وأهميتها للبشرية، إلى جانب ما تمثله من مهددات قد تؤدي إلى فنائها.



**طارق راشد** - أبو ظبي- الإمارات

# لماذا لن يُصلح التقشف الرقمي من شأن فيسبوك؟

في أعقاب فضيحة تسريب بيانات فيسبوك، بادر بعض المستخدمين بحذف حساباتهم من على الموقع. وتبدو ردة الفعل هذه تلقائية ومنطقية، لكنها أيضاً إعلان عن الاستسلام؛ لأن الفرد ليس بوسعه معارضة تفوق شركات الإنترنت. فهذه مهمة السّاسة.

ولا يمكن أن يكون التقشف الرقمي هو الحل، وذلك لأن كثيراً من المنصات الأخرى على شبكة الإنترنت تجمع البيانات. وأي شخص يود أن يكون منطقياً في أفعاله عليه مقاطعة برنامجَيّ «واتس آب» و«إنستجرام» أيضاً اللذين ينتميان إلى شركة «فيسبوك». والأفضل لك أن تدفن هاتفك الذكي أيضاً لأن ثلثي التطبيقات كلها تشارك بيانات المستخدم الخاصة مع الغير.

إن تبعات فضيحة تسريب البيانات التي اكتنفت شركة «فيسبوك» يجب أن تتجاوز مجرد المقاطعة الشخصية. ويجب أن تنعكس على كيفية تعامل السياسات مع شركات الإنترنت. فالسّاسة وحدهم هم القادرون على وضع قوانين لضمان حماية أفضل للبيانات. والمستخدمون البارزون لهذه المنصات في موقف أفضل يسمح لهم بالمطالبة بهذه الحماية بالمقارنة بالمتقشفين رقمياً. وبدلاً من حذف حسابك، من المنطقي بقدر أكبر أن تبقي عليه وتنتقد القائمين عليه.

إن موقع فيسبوك لا يجعل حياة البشر أفضل أو أجمل، لكنه إحدى الطرائق الكثيرة التي تتيح لنا الوصول إلى العالم. فهو يعرض عليك بعض الأخبار الشائقة، وهو أيضاً دفتر عناوين عملي لأنه يحوي مخزوناً من المعارف من مختلف مراحل حياتنا. بين الحين والآخر، تتصفح دفتر عناوينك وتتواصل مع شخص ما. وغالباً، لا يتجاوز الأمر القليل من العبارات المبتذلة، لكن أحياناً ما يدور حوار بينك وبينه.

وبالطبع، هناك الكثير من الأشياء عديمة الصلة على فيسبوك، كما في حياتنا الموازية. وحقيقة الأمر أنك ربما تصادف تعليقات من مستخدمين ذوي آراء سياسية مختلفة كل الاختلاف على فيسبوك هي في الواقع سبب يدعوك إلى التمسك به، حتى لو كانت المعارضة واضحة جداً. وأخيراً، فمن الممكن أن تكون الحياة الرقمية وسيلة للتخلي عن فقاعة ترشيح المعلومات التي تتسم بها دائرة أصدقائنا الموازية.

عندما تهجر موقع فيسبوك، فإنك بذلك تعزل نفسك عن جزء من واقع القرن الحادي والعشرين. فهذا الموقع ببساطة وطيد الصلة بالواقع على نحو يصعب معه تجاهله. والفضيحة الأخيرة التي حامت حوله تدلّل على نحو فاضح على الوضع الراهن؛ فحقيقة أن شركة كمبريدج أناليتيكا Cambridge Analytica بوسعها التأثير في نتائج الانتخابات بمساعدة شركة فيسبوك تقدم لنا مادة ملموسة للتجربة الاجتماعية الأكبر في عالمنا

المعاصر. وأي شخص يود أن يكون له رأي في النقاش الدائر حول هذه التجربة ينبغي أن يعلم آلية عمل موقع فيسبوك.

«الأهم من كل شيء، لا تستسلمنَّ للرغبة في اطلاع العالم دائماً وأبداً على كل أفعالك. وبتعبير آخر، اكبح جماح نرجسيتك».

ومن ثم، فردة الفعل المنطقية هي التفكر في الأمر وتهيئة علاقتك بالموقع بناءً على ذلك. لا تستخدم اسمك الحقيقي. واحرص على استخدام عنوان بريد إلكتروني منفصل، واحظر ملفات تعريف الارتباط التي تقتفي أثر سلوك تصفحك على شبكة الإنترنت. وتنطبق هذه القاعدة على شبكة الإنترنت وكذلك على العالم الموازي. وأي إنسان يتمنى التملص من موقع فيسبوك ببضع نقرات يجانبه الصواب على أي حال. فالبيانات المحذوفة تظل على الخوادم، كل ما في الأمر أنه لا يُتاح لك أن تراها بعد. وتظل معلوماتك قيد الاستخدام والتقييم. ولا يجمع موقع فيسبوك بيانات من مستخدميه فحسب، بل من أصدقائهم والأشخاص الذين يتصفحون مواقع الويب التي تحوي تطبيقات فيسبوك مُثبتة عليها وتستخدم رمز الإعجاب الخاص بموقع فيسبوك. وحيثما ظهر هذا الرمز، يعني ذلك أن موقع فيسبوك مَدَّ خيوط شباكه.

لا يمكنك التملص من موقع فيسبوك. فالشركة من المستبعد أن تعبأ بما إذا كان لديك حساب أم لا على موقعها. فهي تُنشئ حسابات ظل لكل مَن ليس له حساب لديها. وإذا ما قاطع المعلنون الشبكة بأعداد كبيرة، وفي حال قنّن السّاسة الشركة على نحو أفضل استخدام للموقع وأعرب المستخدمون البارزون عن إرادتهم السياسية في هذا الاتجاه، فإن شركة «فيسبوك» ستغير من نموذج عملها لا أكثر.



# «البنتاجون» تتوسّع في مشروع الذكاء الاصطناعي وتثير اعتراضات «جوجل»

يحاول مديرو شركة «جوجل»، ومقرها مدينة ماونتن فيو في كاليفورنيا، تهدئة آلاف العاملين الغاضبين بسبب تنفيذ الشركة لعقد ضمن مبادرة «البنتاجون» الرائدة الخاصة بالذكاء الاصطناعي والمعروفة بمشروع «مايفن». وعلى بعد آلاف الأميال، تساعد الخوارزميات التي طُورت ضمن برنامج «مايفن» أفراد القوات المسلحة على التعرف على الأهداف المحتملة لتنظيم «داعش» داخل المقاطع المصورة التي تلتقطها الطائرات من دون طيار.

ومن المرجح أن يزداد الجدال الدائر حول تعاون شركات وادي السيليكون مع وزارة الدفاع الأمريكية، وذلك مع توسُّع مشروع «مايفن» في الأشهر القادمة ليشتمل على نواحٍ أخرى ومنها تطوير أدوات للقيام بفحوصات أكثر كفاءة للأقراص الصلبة التي يتم الاستيلاء عليها. وقد تضاعف تمويل المشروع إلى الضعف تقريباً خلال العام الحالي، ليصل إلى 131 مليون دولار أمريكي. وتخطط وزارة الدفاع الأمريكية في الوقت الحالي لاستحداث مركز الذكاء الاصطناعي المشترك ليخدم القوات المسلحة ووكالات الاستخبارات والذي من المرجح أن يتم تأسيسه استناداً إلى مشروع «مايفن». يقول بوب وورك، الذي قام بإنشاء البرنامج في إبريل 2017 في أثناء عمله نائباً لوزير الدفاع الأمريكي قبل تقاعده في وقت لاحق من العام ذاته: «لقد تخطى المشروع كل توقعاتي».

وليست هناك معلومات عن الدور المحدد الذي تقوم به «جوجل» في المشروع، إذ رفضت كل من «جوجل» ووزارة الدفاع الأمريكية الإفصاح عن طبيعته. وقال مصدران مطلعان على المشروع إن شركة أخرى قامت بتطوير الأنظمة التي تم استخدامها في المهام الخارجية التي تقوم بها الطائرات من دون طيار.

وكان مشروع «مايفن» يُعرف فيما سبق بفريق الحرب الخوارزمية متعددة المهام. يُصور شعار الفريق الذي قدمه أخيراً رئيس المشروع المقدم جاك شانهان، ثلاثة من الروبوتات الضاحكة وفوقها شعار باللغة اللاتينية يقول «مهمتنا أن نساعد».





(الصورة: وزارة الدفاع الأمريكية)

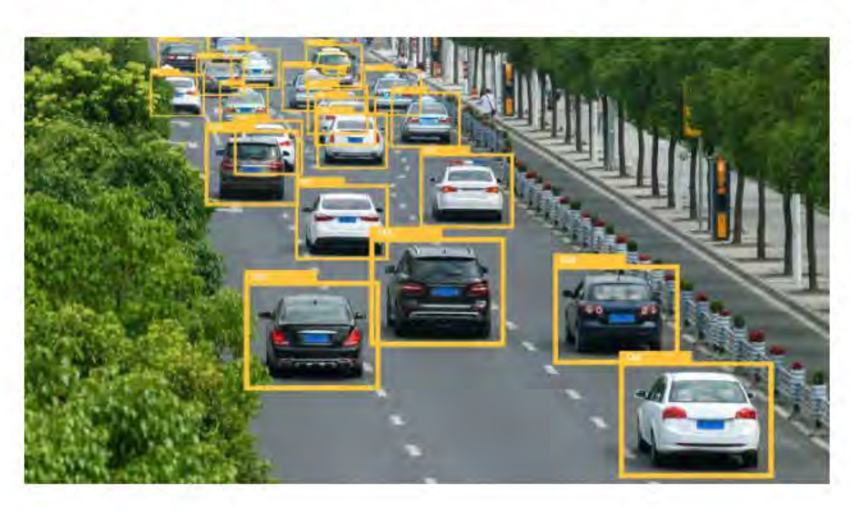
تم إنشاء المشروع لتوضيح إمكانية إدخال «البنتاجون» تغييرات كبيرة على العمليات العسكرية من خلال استغلال تقنيات الذكاء الاصطناعي والتي طُورت من قبل القطاع الخاص. وأعرب وزير الدفاع الأمريكي، جيمس ماتيس، خلال زيارة له في الصيف الماضي لوادي السليكون عن حزنه لتأخر وزارته في قدراتها عن شركات التقنية التي قام بزيارتها من قبيل «جوجل» و«أمازون».

يقول وورك إنه قد وقع الاختيار على معالجة المقاطع المصورة التي تلتقطها الطائرات من دون طيار لتكون المهمة الأولى لمشروع «مايفن» نتيجة لعدم قدرة أدوات التحليل التي تمتلكها وزارة الدفاع الأمريكية على مواكبة طوفان الصور الجوية عالية الجودة التي تغرق القواعد الأمريكية. تتمثل الخطة في استخدام أساليب التعلم الآلي التي تستخدمها شركات الإنترنت لتمييز القطط والسيارات، وذلك لتحديد الأهداف ذات الطبيعة العسكرية من قبيل الأفراد والمركبات والمباني. وكان الهدف المبدئي يتمثل في الحصول على نظام يساعد المحللين في الميدان بحلول ديسمبر 2017. وقد تحقق هذا الهدف بشكل جيد، إذ ذكرت وزارة الدفاع الأمريكية في شهر ديسمبر أن الخوارزميات التي حصلت عليها من متعاقدين لم تحدد أسماءهم كانت تساعد العاملين في القواعد التي تحارب «داعش». وقال المقدم جاري فلويد في أحد المؤتمرات في واشنطن، والذي عقد في مايو الجاري، إن قيادات القوات المسلحة الأمريكية في الشرق الأوسط وإفريقيا تقوم باستخدام التقنيات التي طُورت في مشروع «مايفن»، كما تم التوسع في استخدامها في أكثر من خمسة مواقع قتالية. ويقول وليام كارتر، نائب مدير برنامج سياسة التقنية بمركز الدراسات الإستراتيجية والدولية الأمريكي، إن التقدم الذي تم تحقيقه يُعد تقدماً رائعاً بالنسبة إلى وزارة مشهورة بعمليات الشراء العتيقة. ويضيف كارتر الذي أطلعه شانهان وغيره من المسؤولين بالمشروع على سير العمل به، «يعد ذلك حرفياً عملاً خارقاً مقارنة بمستويات الأداء في وزارة الدفاع».

وبمقدور التقنية التي تم استخدامها في الميدان ضمن مشروع «مايفن» أن تحدد على الخرائط وبشكل تلقائي الأجسام من قبيل القوارب والشاحنات والمباني. وينوه وورك بأن ذلك يساعد المحللين ممن يُناط بهم مهام من قبيل تحديد الأهداف أو فهم أنماط نشاط مجموعة بعينها، وذلك من خلال تقليل الوقت الذي يستغرقه البحث في الشاشة لمجرد العثور على الأهداف المطلوبة. كما توجد بالبرنامج الذي تم توزيعه واستخدامه في القواعد العسكرية

خاصية تسمح للمحللين بإعادة تدريب الخوارزميات، وذلك من خلال وضع علامات على الأهداف المطلوبة أو تحديد الأخطاء.

وليس من الواضح على وجه التحديد الوظيفة التي تقوم بها «جوجل» في خضم كل تلك المهام، إذ تقول الشركة إنها تساعد وزارة الدفاع الأمريكية على استخدام برنامجها الجاهز «تينسور فلو» للتعلم الآلي في تدريب الخوارزميات على التعامل مع الصور غير المصنّفة التي تلتقطها الطائرات من دون طيار، وإن التقنية تقتصر على الاستخدامات «غير الهجومية». ونقلت مجلة «وايرد» الأمريكية عن مدير الذكاء الاصطناعي في شركة «جوجل» قوله، إن العمل «عادي»، وذلك في معرض سؤال طُرح عليه عن الاحتجاجات الداخلية في إبريل من العام الجاري. وذكر المتحدث باسم وزارة الدفاع الأمريكية أن مشروع (مايفن) «يضم الكثير من كبريات شركات التقنية والذكاء الاصطناعي»، لكنه رفض تحديد أي منها. وقال كارتر من مركز الدراسات الإستراتيجية والدولية الأمريكي ومصدر آخر مطلع على مشروع «مايفن»، إن شركة أخرى بخلاف «جوجل» قامت بتطوير التقنية التي استخدمت في العمليات ضد «داعش». وقال شانهان إن المشروع قد بدأ في النمو، ويتضمن ذلك استخدام خوارزميات المراقبة بالطائرات من دون طيار التي طورها مشروع «مايفن» على نطاق أوسع. وقد طُورت النسخة الأولية من النظام للاستخدام في طائرات من دون طيار صغيرة الحجم وتطير على ارتفاعات منخفضة نسبياً، من قبيل سكان إيجل والتي يبلغ طولها 1.4 متر ووزنها 20 كجم. وأضاف شانهان أن فريقه «ينقح» في الوقت الحالي الخوارزميات الخاصة بالطائرات من دون طيار التي تطير على ارتفاعات أعلى، وستعمل قريباً على خوارزميات طائرات المراقبة التي تطير على ارتفاعات شاهقة. وقد أظهرت شرائح العرض التي قدمها صوراً لطائرة «جلوبال هاوك» البالغ طولها 15 متراً، والتي تصل إلى قرابة 18 ألف متر (60 ألف قدم) وتحمل كاميرات تصوير تقليدية متطورة وأخرى تعمل بالأشعة تحت الحمراء. وأوضح شانهان أن الهدف الأسمى



يتمثل في دمج خوارزميات «مايفن» في الطائرات من دون طيار نفسها.

وأضاف شانهان كذلك أن مشروع «مايفن» سيبدأ عما قريب في تطبيق الذكاء الاصطناعي على نواحٍ أخرى من العمليات العسكرية، ومن بينها تسريع عملية فرز المواد التي يتم الاستيلاء عليها أثناء الغارات- يمكن استخدام خوارزميات تعلم الآلة في مساعدة المحللين على البحث عن أهم المواد الموجودة في الأقراص الصلبة التي يتم الاستيلاء عليها. وأفاد شانهان بأن مشروع «مايفن» سوف يدرس الكيفية التي يمكن من خلالها للذكاء الاصطناعي مساعدة المحللين بالقوات المسلحة أو وكالة الاستخبارات الأمريكية على تقييم الأهمية النسبية للأهداف المختلفة للعدو.




ومن المرجح أن تزيد تكلفة مشروع «مايفن» عن غيره من المشروعات التي وصفها شانهان. ومن المتوقع أن يقدم مايك جريفن، رئيس البحث والتطوير بوزارة الدفاع الأمريكية، مقترحاً في الصيف الحالي إلى الكونجرس يرسم الخطوط الرئيسة لإنشاء مركز الذكاء الاصطناعي المشترك، وذلك بهدف تسريع وتيرة استخدام القوات المسلحة ووكالات الاستخبارات الأمريكية للذكاء الاصطناعي. ويقول وورك، الذي يشارك في رئاسة قوة عمل للذكاء الاصطناعي في مركز الأمن الأمريكي الجديد، «وبحسب فهمي فإنه يتم ضخ المزيد من التمويل في اتجاه مشروع (مايفن) كما أن المشروع سيكون جزءاً كبيراً من مركز الذكاء الاصطناعي». ومن الممكن لمشروع «مايفن» أو لوحدة مشابهة أن تكون بمنزلة ورشة عامة للذكاء الاصطناعي داخل المركز، تقوم بمساعدة جميع مؤسسات الاستخبارات والقوات المسلحة الأمريكية على تطوير مشاريع للذكاء الاصطناعي بالتعاون مع المتعاقدين من الشركات الخاصة.

وفي حالة نجاح احتجاجات الأقلية من موظفي جوجل البالغ عددهم 80 ألف موظف، فلن تكون الشركة من بين المتعاقدين لتنفيذ مشروع «مايفن». وقد وقّع أكثر من أربعة آلاف من موظفي «جوجل» على خطاب يطالب الشركة بعدم المشاركة في أي مشروع عسكري. ويشعر وورك بالقلق حيال تشجيع ذلك حال حدوثه شركات أخرى على تقديم تعهد مماثل. لكنه أضاف أن «البنتاجون» ستظل تمتلك القدرة على العثور على متعاقدين أكفاء في مجال الذكاء الاصطناعي يكون لديهم الاستعداد للتعاون مع وزارة الدفاع الأمريكية.

ويعود الفضل جزئياً في انتشار خبرات الذكاء الاصطناعي إلى انفتاح شركات من قبيل «جوجل» فيما يتعلق بأبحاثها وبرامجها الجاهزة. يقول أمير حسين، المدير التنفيذي لشركة سبارك كوجنشن الناشئة، التي تعمل في تنفيذ عقود حكومية، من بينها القوات الجوية الأمريكية، خاصة بمشاريع الذكاء الاصطناعي، «من الواضح أن لدى وزارة الدفاع شركات أخرى تستطيع اللجوء إليها، وذلك لأن حجم مواهب الذكاء الاصطناعي في الولايات المتحدة كبير للغاية».

# التكنولوجيا وإحباطاتها

من الممكن للقنابل النووية أن تدمرنا. ومن الممكن أن يهدد موقع "فيسبوك" خصوصيتنا. وبوسع الذكاء الاصطناعي والروبوتات أن تجعلنا عبيداً لها (أو حتى تستولي على وظائفنا). وعلم الأحياء التركيبي وتعديل الجينات يجعلان البشر يعتقدون أنهم أرباب. ومواقع التواصل الاجتماعي تصيبنا بالاكتئاب، فعلى الرغم من أننا لم نتمتع بهذا القدر من التواصل، إلا أننا لم نشعر بالوحدة هكذا من قبل قط.

ما تلك سوى قليل من الشكاوى الموجهة ضد التكنولوجيا. ولكن، طوال السواد الأعظم من التاريخ البشري كان البشر ينظرون إلى التكنولوجيا بصفتها قوة خيرية. فهناك عدد من الناس أصبح بوسعهم إطالة أعمارهم بسبب التقدم التقني، بدايةً من التجميد وحتى التطعيم، أكبر من عدد الذين يهلكون بسببها، على الرغم من الاختراعات القاتلة التي ابتكرها البشر كالبارود. وعُدت التكنولوجيا ثمرة البحث الحر والنقاش، ورحب البشر على نطاق واسع بتطورها. فكلما انتشرت التكنولوجيا، كان ذلك أفضل للبشر.

في أيامنا هذه، ثمة «نقد لاذع للتكنولوجيا» يتخذ عدة أشكال، غير أن شكلَيْن منها فقط بارزان. أولهما الإيمان بأن أباطرة الويب مثل «فيسبوك» و«أمازون» و«جوجل» طغوا أكثر من اللازم، وثانيهما رأي يقول إن الذكاء الاصطناعي والخوارزميات لا تتمتع بالشفافية أو قابلية المُساءلة. ومصدرا القلق يضعان الفرد في مواجهة القوة الطاغية للشركات والمنصات والخوارزميات.

لنبحث مثال عمالقة الويب. فهم يجمعون كميات مهولة من البيانات عن مستخدميهم. وكثير من تلك البيانات حساس جداً، إذ يتراوح ما بين مسائل طبية وآراء سياسية. وعليه، فحماية الخصوصية أمر حيوي. وعلى الرغم من ذلك، إلا أن كثيراً من الناس صُدِموا مما اكتشفوه عن حجم المعلومات التي تمتلكها شركة «فيسبوك»، ومن موقف الشركة المُتراخي فيما يتعلق بتأمين تلك المعلومات وحمايتها. ولقد زُكي ذلك بقدر أكبر من المخاوف المتعلقة بالأثر المتنامي للمنصة على المجتمع والشؤون السياسية.

يشير شعار شركة فيسبوك «تحرك بسرعة وحطم ما تصادفه في طريقك» (وهي دعوة لمطوري البرمجيات لئلا يعتمدوا على الشفرات غير



المدعومة) بعدم الاكتراث بالتبعات. ويردد الشعار صدى كلمات الراوي في رواية «غاتسبي العظيم» (The Great Gatsby) لفرنسيس سكوت فيتسجيرالد التي ألّفها في فترة سابقة من التوجس من تراكم السلطة إذ قال بأسى: «كانوا أناساً لا يبالون بشيء. وكانوا يحطمون الأشياء... ثم يعودون لينشغلوا بأموالهم أو لامبالاتهم الجسيمة».

ولا يواجه عمالقة الويب الصينيون أمثال «علي بابا» (Alibaba) وتِن سينت (Tencent) وبايدو (Ba du) «نقداً تقنياً» مثيلاً. فالصين أبعد ما تكون عن تأييد فكرة حماية الخصوصية. ومع ذلك، إلا أن حصد شركات الويب للبيانات بكميات غير تقليدية بدأ يثير التساؤلات.

ومصدر القلق الثاني- المتعلق بالذكاء الاصطناعي والخوارزميات والروبوتات- ينطوي على الخوف من أن تشرع التقنيات يوماً ما في العمل بمنأى عن سيطرة البشر. أيمكن أن تصبح تلك النُّظُم متطورة جداً حتى تتفوق على قدرة البشر والمؤسسات على إدارتها؟ وهل يمكن أن يهدد هذا الموقف حتى البشرية بأسرها؟

ثمة تهديد آخر مباشر بقدر أكبر يتمثل في احتمالات أن تحل الخوارزميات والبرمجيات الذاتية محل العمالة البشرية، مما ينذر بالقضاء على الوظائف. والاقتصاديون منقسمون حول هذه المسألة. فالمتفائلون منهم يشيرون إلى أن التكنولوجيا تحل دائماً وأبداً محل العمالة البشرية، غير أن ثمة وظائف جديدة لم يكن لها وجود من قبل تنشأ وتتعلق بالطرائق الجديدة. وأما المتشائمون فيردون على هذا الزعم بأن التاريخ لم يشهد مثل هذا التهديد الموجه لعدد مهول من الوظائف في الوقت عينه.

وهناك مصدر قلق آخر يتمثل في أن هذه التقنيات ربما تعمل خارج الشفافية والمساءلة اللتين تفرضهما الديمقراطية. على سبيل المثال، في الكثير من نظم المحاكم الأمريكية، تتأثر الكفالة والأحكام والإفراج المشروط بنُظُم الحاسوب التي تُخطر القاضي وغيره من صناع القرار باحتمالات تفويت شخص ما لموعد جلسته أو احتمالات انتكاسه وعودته إلى الجريمة مجدداً. لكن تلك النُّظُم التي تقدمها شركات خاصة لا تخضع إلى فحص خارجي، ويُعزى ذلك عادةً إلى أسباب أمنية أو إلى دواعٍ تتعلق بالملكية الفكرية. وفي بعض الحالات، تعجز حتى الولايات القضائية التي رخّصت تلك البرمجيات عن فحصها بسبب شروط الاستخدام التجارية الخاصة بها. بالنسبة إلى النقّاد، هذا هو ناقوس الخطر للكيفية التي ربما تَكَشَّفَ بها مجتمع الخوارزميات بطريقة أشمل. فإذا كانت التدابير الاحتياطية قاصرة في المنظومة القانونية- تلك المنظومة المُصَمَّمَة أصلاً بحيث تمتلك تلك التدابير- فكيف يمكننا التأكد من أن الحماية الكافية لحقوقنا سترجح كفتها في أي مكان آخر؟

لقد انطوى الكفاح من أجل التحرر في القرن التاسع عشر على مواجهة بين الفرد والدولة. وفي القرن العشرين، أُضيف بُعد جديد إلى المعادلة: الفرد في مواجهة البيروقراطية والشركات. وفي القرن الحادي والعشرين، اتسعت المواجهة مجدداً فأمست ما بين الإنسان والخوارزميات.

في مبادرة التطور المفتوح (Open Progress)، تتمثل الغاية في دراسة تلك القضايا بتعمق. وتدرس المبادرة أيضاً الخلافات والتبعات المترتبة على التقنيات الناشئة الأخرى مثل واجهات الدماغ الحاسوبية (brain computer inte faces) والسيارات الذاتية القيادة. وستفحص المبادرة أيضاً الوضع البيئي وردود الأفعال المحتملة تجاه التغير المناخي. يبدو أن التكنولوجيا مقدر لها أن تمس كل شيء وتُحْدِث تحولاً في أي شيء، ومسألة فهمها في إطار قيمها الليبرالية محورية.

# تطلعوا إلى الغد..

## لقاء مع علماء المستقبل

ذات يوم في أكتوبر الماضي، وخلال برنامج حواري صباحي تابع لهيئة الإذاعة والتلفزيون السويسرية، استيقظ المشاهدون الذين ما برحوا سكارى على عبارة صدمتهم على الهواء: «تُدرب المدارس الأطفال الذين سيسحقهم الذكاء الاصطناعي».

كان الصوت الذي أخرجهم من سكرتهم لطبيب ورائد أعمال فرنسي يُدعى لوران ألكساندر Laurent Alexandre.

وأصابت كلماته وتراً حساساً حتى إن مقطع الفيديو الخاص به انتشر انتشار النار في الهشيم على مواقع التواصل الاجتماعي.

لا يحتكر لوران ألكساندر العبارات اللاذعة. «ستتغير البشرية خلال العشرين سنة المقبلة بأكثر مما تغيرت خلال الثلاثمائة عام السابقة». هذه النبوءة تحمل اسم جيرد ليونهارد Gerd Leonhard، أحد أبرز مفكري أوروبا المعنيين بالمستقبل. إن الموقع الإلكتروني لهذا المفكر الألماني المقيم في زيوريخ يستحق وزنه ذهباً. في خلفية الموقع، ثمة مقطع فيديو لا يفتأ يتكرر، وفيه يظهر العالم الرشيق ابن الخمسين ربيعاً في حلته الداكنة بشعره الرمادي المموج وعلى محياه ابتسامة خبيثة. يلتفت وجه ليونهارد بالتصوير البطيء إلى الأفق، ونظرته الثاقبة مثبتة على المستقبل. ثمة ملصق أصفر كُتب عليه «مُدرج ضمن قائمة المواقع المائة الأفضل على موقع Wired» يذكرنا بأن ليونهارد من بين أكثر الشخصيات تأثيراً في العالم في ميدان الابتكار. ويُدعى الزوار بعد ذلك لـ «صبغ أعمالهم بصبغة مستقبلية»؛ أي الاستعانة بخدمات جيرد لإقامة مؤتمراتهم.

**«لكل عصر عَرَّافُوه»**

أهناك نبوءة أخرى بليغة؟ «بحلول عام ٢٠٤٥، سيمتزج الذكاءان البشري والاصطناعي، وسيعيش البشر إلى الأبد على هيئة رقمية». هذه نبوءة راي كورتسفايل Ray Kurzweil رئيس القسم الهندسي في شركة جوجل و«رائد» حركة البشر المُطَوَّرين. فالبشرية بالنسبة إليه على شفا «التفرد»، ويعني قفزة تقنية مهولة ستجعل البشر خالدين،

ظل التعرف إلى المستقبل همًّا رئيسًا يشغل بال جميع الحضارات





قدّمَ لوران ألكساندر نفسه بصفته «مبشراً تلفزيونياً» للجنة مجلس الشيوخ الفرنسي في يناير 2017 التي استمعت إليه وهو يتحدث عن مستقبل الذكاء الاصطناعي

سواء عن طريق كشف طبي حاسم أو إمكانية تحميل الإنسان لعقله على الحاسوب. يا له من مستقبل!

يعيش هؤلاء المتفائلون أو المتشائمون بالتكنولوجيا وغيرهم بلا ضابط ولا حاكم بين ظهرانينا. وتتفشى نبوءاتهم على مواقع التواصل الاجتماعي، وهم كذلك ينتشرون على تلك المواقع. إنهم «المستقبليون»... الخبراء الذين يهتمون جداً بمستقبلنا حتى إنهم يشعرون بأن عندهم رسالة تكاد تكون مقدسة مفادها نشر الأخبار المستقبلية المبشرة (أو المُنذرة بشر). في عصر التطورات التقنية الحالي والأسئلة التي تثيرها، ينقل الجيل الثاني من الرسل هذا توقعاته إلى كل من هو مستعد لتلقيها. والمتلقي في هذه الحالة مفتاح ظاهرة اجتماعية مبهرة.

كانت معرفة المستقبل همّاً كبيراً لدى جميع الحضارات. وقد أبدى البشر دوماً اهتماماً بمعرفة إذا ما كانت الطريدة المصيدة مجزية، وإذا ما كان الجفاف أو الأمطار ستضرب المدينة. أو إذا ما كان من الضروري الهجوم على المملكة المُتاخمة، خاصةً الصيادين الجامعين والشخصيات البارزة الحضرية على حد سواء. إن هذا التعطش للمستقبل هو الذي مهّد الطريق أمام الكهنة والمجوس والمشعوذين ومن هم على شاكلتهم وأذاع صيتهم، وها هم المستقبليون المحترفون الآن يحلون محلهم.

يقول نيكولاس نوفا Nicolas Nova، الأستاذ في جامعة جنيف للفنون والتصميم والمؤسس المشارك لمختبر المستقبل القريب Near Future Laboratory المتخصص في التبصر بالمستقبل والابتكار: «لكل عصر عرّافوه». ويضيف قائلاً: «منذ أن وضعت الحرب العالمية الثانية أوزارها، كان هناك فصيل أكثر عقلانية من المتخصصين المُكرسين لهذه المسائل». وهذه هي الظاهرة التي يُطلق عليها الأمريكان اسم «أبحاث المستقبل».

وكانت الستينيات بمنزلة العصر الذهبي لعلم المستقبل، ولو أن النبوءات التي خرجت علينا آنذاك بشأن فجر الألفية الثالثة تبدو الآن بشعة. قيل لنا إننا سنستخدم سيارات طائرة، على الرغم من أننا ما زلنا نَعلق في الحركة المرورية على الأرض. وكان من المفترض أن نؤسس مستعمرات لنا على القمر أو المريخ، لكنها ما زالت مهجورة لفترة طويلة. وماذا عن الرؤى الخاصة بأجهزة الدفع النفاث المحمولة على الظهر والتي وعدنا بها العلم ولم تتجاوز تلك النماذج الأولية المتخبطة الخطرة؟ وفي خضم الحرب الباردة وإثارة غزو الفضاء، ركّزت أغلب النبوءات

على الفضاء. ولكن الآن، حلت محلها نبوءات خاصة بالذكاء الاصطناعي ومفهوم الإنسان المُطوَّر. يقول جان- جابرييل جاناشيا Jean-Gabriel Ganascia الخبير بالذكاء الاصطناعي الذي كتب مقالة فكّك فيها «أسطورة التفرُّد» ببالغ الأسف: «المستقبليون قادة رأي. فالناس يصغون إليهم على الرغم من أنهم ليس لديهم أي شرعية علمية حقيقية». أمن الممكن أن خبراء المستقبل حالياً، شأنهم شأن أقرانهم القدماء، أساءوا فهم الأمور بالكامل؟

الأمر أعقد من ذلك. يقول الأستاذ نوفا: «إن دور هؤلاء لا ينحصر في التنبؤ بالمستقبل بقدر ما يتعلق بتوقع المستقبلات الممكنة». دائماً ما يحرص المستقبليون على تذكيرنا بذلك. فها هو جيد ليونهارد يقول مُلحاً: «أنا لا أطرح تخمينات، بل توقعات قصيرة الأجل على مدار الخمس سنوات إلى العشر المقبلة». ويقول لوران ألكساندر إن «تفكيري متنوع ومتشعب، وأحرص على بيان سيناريوهات متعددة».

## «يميل المستقبليون إلى نسيان البجع الأسود»

يُطالع ليونهارد بحسب قوله خمسة كتب أو ستة شهرياً لاستخلاص هذه السيناريوهات، ويزعم أنه ينفق وقتاً طويلاً في جمع المادة العلمية وتبادل الأفكار مع الخبراء في مؤتمراته. ويقول عازف القيثارة والمنتج الموسيقي السابق الذي ارتقى سلم المجد بعد نشر كتابه «مستقبل الموسيقى» عام ٢٠٠٥ الذي تناول الطريقة التي ستُعزف بها الموسيقى على شبكة الإنترنت: «إذا نظرت عن كثب إلى كيفية عمل قطاع ما، فسيكون بوسعك استخلاص توقعاتك الخاصة. فالأمر ليس بهذه الصعوبة».

وعلى الرغم من أن توقعاتهم أحياناً لا تتأكد على أرض الواقع، إلا أننا نجد أن خطابهم ينزع إلى التقليل من شأن تعقيد الواقع والشق غير المتوقع له. في عام ٢٠٠٧، وضع الفيلسوف نيكولاس طالب Nicolas Taleb نظرية «البجعة السوداء» التي يمثل فيها هذا الطائر حدثاً غير متوقع ذا تبعات جسيمة. يقول نيكولاس طالب: «يميل المستقبليون إلى نسيان البجع





الأسود. وبالطبع، من الصعب جداً التنبؤ بها طالما أنها غير متوقعة بتعريفها. ولكن إذا أردت الوصول إلى توقعات سديدة، فعليك دمج أحداث غير متوقعة أو طائشة». وبتعبير آخر، بقدر ما ينطوي الأمر على خطر جسيم، عليك إضافة شيء من الغرابة إن أردت أن يأخذك الآخرون على محمل الجد.

لوران ألكساندر خبير بالهوى والنزوات. فقد قدّم نفسه بصفته «مبشراً تلفزيونياً» إلى لجنة مجلس الشيوخ الفرنسي في يناير ٢٠١٧ التي استمعت له وهو يتحدث عن مستقبل الذكاء الاصطناعي. وتابع حديثه بأسلوب يكاد يكون مسرحياً، مُتبعاً كل عبارة مأثورة بأخرى: «إننا نخاطر بأن نتحول إلى زيمبابوي عام ٢٠٨٠!» وقد شوهد مقطع الفيديو الخاص بجلسة استماعه ما يربو على ١٫٤ مليون مرة على صفحته على فيسبوك.

ولا بأس لو أساء فهم الأمور كلها. يقول ألكساندر الذي تفرد بدعوته بلا مواربة إلى وضع سياسات مُحسِّنَة للنسل في عمود بمجلة «Le Point» الفرنسية الأسبوعية: «علينا أن نتقبل فكرة أن المستقبليين لا يفكرون كغيرهم من البشر، وأنه من الممكن أن ينطقوا أشياءً ساذجة. وإذا حظرنا كل نقاش خاص بالمستقبل، فلن نسمح بنضج المجتمع استعداداً للمستقبل».

يروّج جيرد ليونهارد ولوران ألكساندر خبرتهما في المؤتمرات وندوات الشركات. وعلى الرغم من أن تلك المُداخلات أحياناً ما تكون مجانية، إلا أنها تُكلف عشرات الآلاف من الدولارات عندما تكون مدفوعة. يقول ألكساندر إنه يتلقى نحو «عشرة طلبات يومياً»، ولو أنه لا يفصح عن أي أرقام مالية. لقد أصبح التنبؤ بالمستقبل بالفعل تجارة مربحة.

# الذكاء الاصطناعي
## وحدود «لعبة التقليد»

اطمئنوا، فليست الحواسب الآلية على هذا القدر من الذكاء، فهي تفتقر إلى العقل. ولو فرضنا أن هذا سيحدث، إذا دبت الحياة في حاسب آلي، فكيف يتسنى لنا أن نعرف ذلك؟

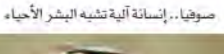
على الرغم من التطور الكبير الذي شهدته الحواسب الآلية، ما زالت تحتاج إلى من يأخذ بيدها، أو على حد تعبير يان ليكان Yann Lecun، مديرة أبحاث الذكاء الاصطناعي في فيسبوك، خلال مؤتمر عقد أخيراً في باريس: «حتى الفئران تتمتع بوعي أكبر من أفضل أنظمة الذكاء الاصطناعي التي يمكن أن نبنيها».

لا شك في أن الحواسب الآلية تستطيع أن تهزم بطل العالم في لعبة «غو» Go، وأن تكتشف فوراً أي خطأ في كلمتك المفتاحية في بحث جوجل، أو تقود السيارات. ولكن، على الرغم مما تتعلمه الآلات بنفسها (وهو أحد التعريفات المهمة للذكاء الاصطناعي)، إلا أنه ما زال عليك أن تأمرها. فمثلاً، في حالة المركبات التي تقود نفسها، عليك أن تخبرها بأنه ينبغي عليها أن تدور حول شجرة على جانب الطريق، لا أن تمر خلالها. هناك عدة أنواع من التعلم. ولم يزل التعلم البشري نموذجاً يتعذر تقليده. لقد أوضحت يان ليكان في المؤتمر أن «الطفل الرضيع يراقب العالم ويفهمه من خلال التفاعل، ويكتشف وحده وجود أشياء حية ومتحركة وأخرى غير متحركة. وبدءاً من شهره الثامن، يفهم الطفل أن الشيء لا يستطيع البقاء في الهواء بمفرده. إن مبادئ التعلم موجودة في الطبيعة، ووظيفتنا بصفتنا باحثين هي استكشاف ذلك».

إن من أكبر التحديات التي يواجهها الذكاء الاصطناعي في العصر الحديث أن تُمنح الآلاتُ عقلاً يجعلها تدرك مثلاً أنها يجب ألا تمر خلال الأشجار. فنحن حين نسمع أن «زيداً خرج من شقته مع عمرو، وأخذ مفاتيحه»، نفهم على الفور أن «ضمير الغائب» في «مفاتيحه» يشير إلى «زيد» لا إلى «عمرو». وبإمكاننا أيضاً أن نخمن أن «زيداً» خرج من الباب لا من النافذة، أما أي جهاز يعمل بالذكاء الاصطناعي فما زال يجهل كل هذه التخمينات.

### اجتياز اختبار تورنغ

ما زال الباحثون يحرزون تقدماً يسد الفجوة بين الذكاء الاصطناعي


صوفيا.. إنسانة آلية تشبه البشر الأحياء



والبشر. هذا الخبر إما أن يكون مثيراً لك، إذا كنت على شاكلة الراحل مارفن مينسكي Marvin Minsky، وهو أحد مؤسسي علم الحاسب الآلي، أو أن يكون مُخيفاً لك، إذا كنت على شاكلة إيلون ماسك Elon Musk، الرئيس التنفيذي لشركة «تيسلا آند سبيس إكس» Tesla and SpaceX.

في عام 1950، تخيل عالم الرياضيات البريطاني آلان تورنغ Alan Turing - المشهور بفك شفرة آلة الإنيغما (Enigma) الألمانية إبان الحرب العالمية الثانية - شيئاً يشبه «لعبة التقليد»، وهو اختبار يحدد إذا ما كانت الآلات تفكر أم لا. يتضمن الاختبار جعلَ شخص يتفاعل مع إنسان حقيقي ومع ما نسميه هذه الأيام «الشاتبوت» chatbot، وهو برنامج يرد على مستخدمي الإنترنت في مربع حوار. فإذا لم يستطع القائم بالتجربة أن يحدد الفرق بين الإنسان والآلة- بناء على الردود التي يحصل عليها- فإن هذا يعني أن الآلة قد اجتازت الاختبار.

في عام 2014، أعلن فريق من جامعة ريدنج أن أحد البرامج قد فعل ذلك بالضبط. لقد كان البرنامج يقلد ردود شخصية وهمية لصبي يُدعى يوجين غوتسمان، وهي شخصية ساخرة يُفترض أن تعيش في أوكرانيا. وحين سُئل البرنامج عن عدد أرجل «الدودة الألفية»، أجاب قائلاً: «اثنتان. لكن قد يكون لمسوخ تشيرنوبيل خمس أرجل. أعرف أنه من المفروض أن تخدعني». وبعد نقاش اقتصر على خمس دقائق، خدع يوجين 33% من المُختبرين.

لقد انتقد كثيرون التجربة وقالوا إن وقت التجربة كان قصيراً للغاية وإن النسب كانت ضئيلة جداً. ووصف جان بول ديلاهاي Jean Paul Delahaye، الباحث في مختبر علوم الحاسب الآلي في مدينة ليل، فرنسا، التجربة بأنها شكل «متدنٍّ» من اختبار تورنغ.

ولكن هل يعني الفوز في لعبة التقليد أن الآلة تستطيع التفكير مثلنا حقاً، أو أن لها عقلاً؟ يرى تورنغ أن هذه ليست القضية، وذلك لسبب بسيط، وهو أن الإجابة مستحيلة. فحتى بين البشر، نجد أن الطريقة الوحيدة لمعرفة إذا ما كان الشخص الآخر يفكر أم لا هي أن تكون أنت هو. يقول تورنغ: «ومن ثم، فمن المعتاد أن يكون لديك انطباع فطن بأن الجميع يفكرون». واحتج تورنغ بأن كل ما نستطيع فعله هو أن نفترض تمتع الآخرين بالعقل. لا يمكننا حقاً اختبار هذا الأمر.

ومن ثم، تُعد لعبة التقليد منهجاً تخاطبياً، أساسه تبادل الرسائل الشفهية أو المكتوبة، لكنه لا يعطي أية معلومات عن السمات العقلية للمتكلم، فهو لا يخبرنا مثلاً إذا ما كان أحد الطرفين- سواء كان شخصاً أو آلة- يدرك أن لون الليمون أصفر أم لا. ولا يخبرنا كذلك إذا ما كانت الآلة تعرف ما تتحدث عنه أم لا، أو إذا ما كانت تتصرف- على الأرجح- مثل تلميذ طيب يحفظ درسه عن ظهر قلب دون أن يفهم منه شيئاً.

**لغز الوعي**

لطالما تم التعامل في علم الأعصاب مع مسألة الوعي بما يسمى «منهج الغائب»، ألا وهو أسلوب مراقبة طريقة عمل المخ. تتمثل المشكلة في عدم ملاحظة الشخص الخاضع إلى التجربة أشياء كثيرة تحدث في مخه. وهناك ميل في هذه الأيام تجاه الدمج ما بين المنهجين التخاطبي والغائب، وذلك بالتفاعل مع الشخص الخاضع للتجربة ومراقبة المخ مثلاً من خلال جهاز رسم المخ.

إن مسألة إمكانية أن تتمتع الآلة بالوعي تثير اهتمام علماء الأعصاب أيضاً. ولقد كتب ستانيسلاس ديهاين Stanislas Dehaene، وهو باحث وعضو في



تمثال لـ «آلان تورنغ» في حديقة بليتشلي- الصورة بعدسة نمروش

الأكاديمية الفرنسية للعلوم، مقالاً عن هذا الموضوع في دورية «ساينس» في الخريف الماضي، أشار فيه إلى أن إحدى سمات الوعي لدينا نحن البشر تتمثل في القدرة على الانتباه إلى شيء واحد بعينه.

وتقول دارينكا تروبوتشيك Darika Trübutsche، وهي إحدى طالبات الدكتوراه في كلية العلوم العصبية في باريس، وكانت تعمل ضمن فريق ديهاين: «حين تتأمل تلك الصور التي تنطوي على خداع بصري، إذ تكون هناك صورتان متداخلتان في صورة واحدة- كصورة امرأة مسنة وشابة في آن واحد مثلاً- فإنك ترى في كل مرة تنظر إليها صورة واحدة وحسب».

وهناك سمة أخرى للوعي تتمثل في القدرة على التعبير عن الذات، وهو ما يُعرف باسم «الانعكاس». ويختتم ديهاين مقاله بأنه من الممكن نظرياً لأية آلة تعمل بالذكاء الاصطناعي أن تتمتع بالوعي بناءً على هذين المعيارين.

ويتساءل جان غابرييل غاناشيا Jean Gabriel Ganascia، الباحث في مختبر علوم الحاسب الآلي في جامعة السوربون ومؤلف مقال نشر عام 2017 بعنوان « Le Mythe de la singularité» (خرافة التفرد)، قائلًا: «نحن نعرف كيف نصنع آلات تركز انتباهها أو تتمتع بالقدرة على التعبير عن الذات، ولكن هل يعد هذا وعياً كالوعي الذي نتمتع نحن به؟»، ويفسر كلامه قائلاً: «يقول تورنغ إن إدراكنا مرتبط باحتياجاتنا. فنحن نحب الماء مثلاً لأنه ضروري لبقائنا على قيد الحياة، أما بالنسبة إلى الآلة (الإلكترونية( فإنه سيكون مثل السم القاتل».

من الممكن نظرياً أن تتمتع الآلات التي تعمل بالذكاء الاصطناعي بالوعي.

لقد اتفق الباحثون، بغض النظر عن مجال تخصصهم، على مسألة واحدة: إن الأمر لا يتعلق بالقدرة الحاسوبية: فـ«الحاسوب الكمي لن يتمتع بأي نوع من الوعي»، على حد قول بيير أوزان Pierre Uzan، أستاذ الفلسفة بجامعة ديدرو في باريس ومؤلف كتاب « Conscience et physique quantique» (الوعي والفيزياء الكمية).

ويتفق أوزان مع تورينغ في أن تطبيق منهج الذهن الحاضر على مسألة الوعي يبدو بعيداً عن متناول العلم. ومن ثم فإن منهج الغائب المتمثل في المراقبة الخارجية، ومنهج التخاطب المتمثل في التحدث مع الآلات، هما كل ما لدينا من وسائل نظرية متاحة لحل المعضلة. بعد مرور نحو سبعين عاماً على نشر مقال تورنغ الرائد، لم يزل العلماء يتحسسون خطاهم داخل حدود مقاله.




# الطاقة النووية

## ضرورة إستراتيجية وتحدٍ تقني




يتبادر إلى الأذهان عند الحديث عن تطبيقات الطاقة النووية، الأسلحة النووية والمخاطر الإشعاعية، وهو مفهوم غير دقيق.
فمفهوم الطاقة النووية أوسع وأشمل من ذلك بكثير، إذ إن تطبيقات الإشعاع في المجالات المختلفة هي أيضاً شكل من أشكال تطبيقات الطاقة النووية، فيعدّ الإشعاع شكلاً من أشكال الطاقة.
وتعدّ التقنيات النووية أحد المعطيات الرائدة في العصر الحديث. وقد ساهمت التقنيات النووية في المعطيات الإيجابية للنمو البشري الحضاري، ورفع مقاييس الحياة المعيشية منذ اكتشاف الإنسان للإشعاع، وتوصله إلى التحكم في الطاقة النووية الهائلة الناتجة من الانشطار والتفاعل التسلسلي للنواة في الخمسينيات الميلادية من القرن الماضي.
وتتسم التقنيات النووية باتساع إطارها ونطاقها، فهي قد تكون بتعقيد مفاعلات القوى النووية لإنتاج الكهرباء، وخطورة الأسلحة النووية وفتكها، ولكنها قد تكون أيضاً ببساطة جهاز كشف الدخان في أنظمة الإنذار عن الحريق.

# التطبيقات السلمية للطاقة النووية وأثرها في جوانب التنمية المستدامة



د. خالد بن عبدالعزيز العيسى

مستشار رئيس مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية



وعلى سبيل المثال لا الحصر، تساهم التقنية النووية اليوم في مجال الزراعة، وتنمية الثروة الحيوانية في دول كثيرة في أمريكا الجنوبية وآسيا وإفريقية، في التغلب على محدودية المصادر الطبيعية كالأرض والماء وقلة الموارد المالية والخبرات في تنمية المحاصيل الزراعية والمنتجات الحيوانية، وتحسين جودتها، وكميتها من خلال استنبات سلالات نباتية بخصائص جديدة تتميز بالإنتاجية والجودة العالية، ومقاومة أكبر للظروف المناخية الصعبة، وفي حفظ المحاصيل الزراعية الفائضة، وإطالة عمرها، وكذلك تنمية مصادر المياه بدراسة مصادر التغذية للمكامن الجوفية، وتطوير نظم الري، ومكافحة الحشرات والآفات الزراعية، والكشف عن كثير من العمليات البيولوجية المسؤولة عن نمو الحيوانات، وتكاثرها، وصحتها. من ناحية أخرى تساهم التقنيات النووية في الدول الصناعية في التحكم الآلي في خطوط الإنتاج والفحص غير الإتلافي للمنتجات للحصول على مقاييس جودة عالية، كما تساهم في تحسين الخواص الميكانيكية والكهربائية والكيميائية والفيزيائية لكثير من المنتجات الصناعية، بالإضافة إلى تقنيات البحث عن الثروات المعدنية الطبيعية. أما في مجال حماية البيئة فتساهم التقنيات النووية في تعقيم مياه الصرف الصحي وتحييد خطورة الغازات الناتجة من وقود الطاقة الأحفوري في الصناعات المختلفة، وترشيد عمليات تسميد التربة الزراعية من أجل التوازن بين السماد النيتروجيني الموجود في التربة طبيعياً والسماد المضاف، كما أنها تستعمل لدراسة حجم التلوث في البيئات البحرية. من جانب آخر فإن استخدام المفاعلات النووية يحد وبشكل كبير من انبعاث الغازات السامة كأول أكسيد الكربون وأكسيد الكبريت والنيتروجين والهيدروكربونات.



لعل من أول التطبيقات للطاقة النووية كانت في المجال الطبي، إذ يساهم الإشعاع والنظائر المشعة في التشخيص الطبي (الطب النووي) والعلاج الإشعاعي لكثير من الأمراض المستعصية

ولعل من أول التطبيقات للطاقة النووية كانت في المجال الطبي، إذ يساهم الإشعاع والنظائر المشعة في التشخيص الطبي (الطب النووي) والعلاج الإشعاعي لكثير من الأمراض المستعصية، فقد تنتشر وحدات المعالجة الإشعاعية في كثير من المراكز الطبية العالمية لمعالجة مجموعة من الأمراض المستعصية، مثل: الأورام السرطانية.

ومن الملاحظ أن التقنيات النووية كغيرها من تقنيات العصر الحديث لها إيجابيات ولا تخلو من سلبيات. فالضرر الصحي الناتج من التعرض الإشعاعي يعدّ من أهم هذه السلبيات، ويأتي هذا من تعرض الإنسان للإشعاع، إما من مصادر طبيعية، مثل: المواد المشعة الموجودة في الطبيعة، التي تصل أيضاً إلى الهواء ومصادر المياه الطبيعية، أو من مصادر صناعية بسبب تداول المواد المشعة في الأنشطة المختلفة المذكورة سابقاً، أو التلوث الإشعاعي الناتج من الحوادث النووية، ويتضاءل هذا الضرر بدرجة كبيرة عند استخدام عوامل السلامة والاحتياطات اللازمة.

## مجالات الاستخدامات السلمية للتقنيات والطاقة النووية

تتميز الطاقة النووية بكثرة استخداماتها السلمية، وتعدد ميادين تطبيقاتها. وتنقسم التطبيقات النووية السلمية إلى قسمين عريضين:

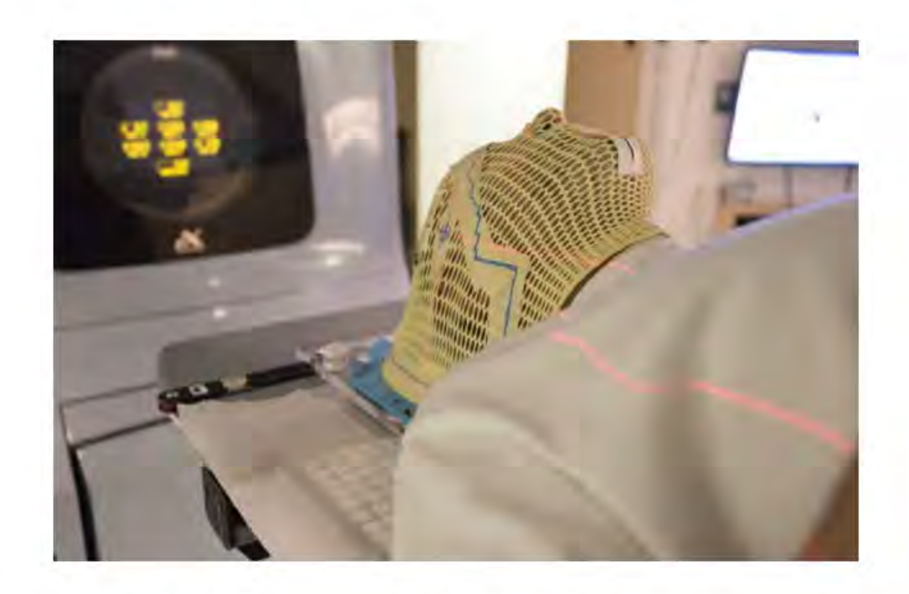
الأول: تطبيقات التقنية النووية باستخدام مواد نووية (المواد النووية حسب التعريف الدولي هي نظائر اليورانيوم والثوريوم والبلوتونيوم القابلة للانشطار النووي)، ولا يتسنى الاستفادة مما يتيحه هذا القسم من تطبيقات ومهارات علمية وهندسية إلا في حالة توافر مفاعلات أبحاث أو مجمعات الكتلة الحرجة (الكتلة الحرجة، وهي كمية المادة النووية اللازمة لاستمرار التفاعل النووي الانشطاري).

الثاني: تطبيقات التقنية النووية التي لا تستخدم المواد النووية، وإنما باستغلال تقنيات القياسات النووية، والنظائر المشعة، ومصادر الإشعاع.

## الطاقة النووية والكهرباء:

يتزايد الطلب على الكهرباء في كل أنحاء العالم، وهو في تصاعد مستمر، فمنذ انتهاء الحرب العالمية الثانية شهد الطلب على الكهرباء تزايداً جذرياً. ففي عام 1950م كانت الطاقة الكهربائية المولدة في العالم نحو واحد تريليون كيلو وات ساعة، وشكّل الوقود الأحفوري (نفط وفحم حجري وغاز طبيعي) المصدر لنصف الطاقة الكهربائية المولدة، في حين شكلت الكهرباء المولدة من خلال المساقط المائية النصف الآخر.

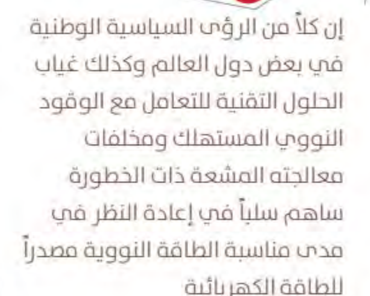
وفي عام 1990م كان إجمالي الطاقة الكهربائية المولدة في العالم في حدود (12) تريليون كيلو وات ساعة. وزاد هذا الإنتاج بنسبة 30% في عام 2000م. وكانت الزيادة في دول الشرق الأوسط في المدة نفسها تصل إلى 96%، وفي الصين 116%. كما يتوقع أن يتواصل تصاعد الحاجة إلى الطاقة لعدة أسباب، منها: ارتفاع مستوى المعيشة، وزيادة عدد السكان في العالم، وتنامي الصناعة، التي تعتمد على مصادر الطاقة.



لقد كان التوجه العالمي نحو الطاقة النووية في السبعينيات الميلادية بسبب الحاجة إلى مصادر جديدة للطاقة، وزادت الحاجة في بعض الدول بعد انقطاع البترول في أثناء حرب رمضان مع إسرائيل.

وقامت دول محدودة بالتعامل مع الدورة الكاملة للوقود النووي من دون إيجاد الحلول النهائية للنفايات المشعة الخطرة الناتجة من معالجة الوقود النووي المستهلك. بينما هناك دول، مثل: أمريكا حظرت التعامل مع الوقود النووي المستهلك في المفاعلات النووية المدنية في سبيل التحقق الشامل من عدم استخلاص المواد النووية الناتجة من احتراق الوقود النووي (وهي البلوتونيوم)، وتقليص فرصة تداوله من قبل أفراد أو جماعات غير مسؤولة، وهذا الحظر الأمريكي للدورة الكاملة للوقود النووي المدني في أمريكا كان كذلك بسبب تأجيل التعامل مع النفايات المشعة الخطرة لحين إيجاد الحلول الوطنية للتعامل معها. فقد كان الوقود النووي المستهلك يحفظ في خزانات تحتوي على الماء في موقع المحطات النووية، وفي مراحل متقدمة من عمر الخزن يحفظ في حاويات جافة مخصصة له.

إن كلاً من الرؤى السياسية الوطنية في بعض دول العالم وكذلك غياب الحلول التقنية للتعامل مع الوقود النووي



إن كلاً من الرؤى السياسية الوطنية في بعض دول العالم وكذلك غياب الحلول التقنية للتعامل مع الوقود النووي المستهلك ومخلفات معالجته المشعة ذات الخطورة ساهم سلباً في إعادة النظر في مدى مناسبة الطاقة النووية مصدراً للطاقة الكهربائية



يأتي استخدام الأشعة السينية لأغراض التشخيص، وقد ساعدت هذه التقنية على تشخيص كثير من الأمراض بواسطة التصوير، والتعرف إلى التغيرات التي تحدث لتراكيب الجسم الداخلية

المستهلك ومخلفات معالجته المشعة ذات الخطورة ساهم سلباً في إعادة النظر في مدى مناسبة الطاقة النووية كمصدر للطاقة الكهربائية.

وساعد بشكل جذري في ذلك حادث مفاعل تشرنوبيل الأوكراني، وانخفاض أسعار البترول بشكل كبير في الثمانينيات الميلادية.

وأدى ذلك كله إلى انحسار استخدام الطاقة النووية، بل اتخذت بعض الدول قرارات بالإقفال التدريجي لمفاعلاتها.

## أسباب التوجه نحو الطاقة النووية

عادت دول العالم أخيراً مرة أخرى للتوجه نحو الطاقة النووية وذلك للأسباب الآتية:

- تقلص الآثار السيئة التي تركها حادث مفاعل تشرنوبيل الأوكراني على المجتمع ومن ثم على القرار السياسي.
- انخفاض تكاليف إنشاء محطات القوى النووية بعد تطوير الجوانب الهندسية.
- تطور أنظمة السلامة في المفاعلات النووية.
- تصاعد أسعار البترول ومصادر الطاقة الأحفورية.
- تزايد المخاوف من التناقص الكبير في احتياطيات الطاقة الأحفورية في ظل زيادة الاستهلاك العالمي بما لا يقابله من اكتشافات لمكامن جديدة للبترول والغاز.

وعاد تعثر الطاقة النووية جزئياً مرة أخرى بعد حادثة محطة فوكوشيما النووية اليابانية نتيجة للزلزال وموجة مد الميناء (تسونامي).

يتجه العالم من جانب آخر الآن إلى تقنية مفاعلات التوليد النووية، وهي تلك التي تنتج من الوقود النووي أكثر مما تستهلك، بل إن الحياة عادت مرة أخرى للإنفاق على البحوث المتعلقة بمصادر الطاقة النووية الاندماجية التي تمثل نظرياً المصدر الأمثل للطاقة من ناحية الحفاظ على البيئة ومصادر الوقود. إلا أنه ما زالت هناك صعوبات تقنية قائمة في بلوغ إنتاج مستوى طاقة أكبر من الطاقة اللازمة للتفاعل الاندماجي. كما أنه لا تزال هناك صعوبة في أسلوب احتواء التفاعل الاندماجي الذي تبلغ درجة حرارته عشرات الملايين من الدرجات المئوية.

ويشارك في هذا البرنامج العالمي الطموح الاتحاد الأوروبي واليابان والصين والهند وكوريا الجنوبية وروسيا وأمريكا. ويتم إنشاء المفاعل الاندماجي التجريبي هذا في كاداراتشي Cadarache بفرنسا.

وهذا المشروع بلا شك يعكس مدى جدية دول العالم المتقدمة في الحصول على بدائل للطاقة المستقبلية غير الناضبة وذات القدرة على تلبية الاحتياجات المتنامية للعالم في مجال الطاقة. وهذا البرنامج تسبقه وتصاحبه برامج دولية وطنية في هذا المضمار.

قد تكون مسألة الضمانات أو حظر انتشار السلاح النووي والمتمثلة في مرحلتها الأولى في حظر انتشار المواد النووية الملائمة للسلاح النووي، تعد من أكثر المعوقات الفعلية التي تواجه انتشار الطاقة النووية السلمية ولا سيما للدول التي لا تمتلك تقنياتها، وهذا خلافاً لما تنص عليه معاهدة حظر انتشار الأسلحة النووية والاتفاقات ذات العلاقة التي نظمت ذلك. كما أن التعامل مع النفايات المشعة ذات التصنيف الخطر الناتجة من معالجة استهلاك الوقود النووي ما زالت تعد أحد المعوقات ضد انتشار الطاقة النووية.




من جانب آخر لقد بدأ العالم يدرك مخاطر اندثار المعرفة النووية بتقادم عمر رواد هذه المعرفة من علماء ومهندسين وتقنيين وإمكانات بشرية بشكل عام، دون إحلال كافٍ من الأجيال اللاحقة وذلك بسبب عزوف دول العالم لفترة طويلة عن الطاقة النووية.

ومن أهم مخاطر هذه الظاهرة هو التناقص في أعداد الخبرات اللازمة لاستمرار عمل المنشآت النووية القائمة حالياً بالكفاءة والسلامة نفسيهما. وقد سعت المؤسسات الوطنية للدول المختلفة المعنية بالطاقة النووية في كثير من الدول ومنذ مراحل مبكرة إلى وضع برامج التعليم والتدريب الخاصة بها، وأشرفت على تنفيذها؛ لعدة أسباب، منها: عزوف الجامعات عن الاستمرار في تبني البرامج الأكاديمية للعلوم والهندسة النووية، وكذلك لضمان جودة مخرجات برامج التعليم والتدريب هذه والاستفادة من الإمكانات البحثية لديها وتسخيرها لهذه البرامج.

## التوجه الدولي في مجال الطاقة النووية

في النقاط الآتية خلاصة للتوجه الدولي في مجال الطاقة النووية الحالي والمستقبلي:

يبلغ إجمالي عدد المفاعلات النووية العاملة في إنتاج الطاقة الكهربائية حالياً 453 مفاعلاً، وهناك 56 مفاعلاً نووياً تحت الإنشاء بينما يُخطط لإنشاء أكثر من 150 مفاعلاً.

هناك 30 دولة لديها محطات طاقة نووية تعمل لإنتاج الطاقة الكهربائية. وتعد أمريكا أكبر دول العالم إنتاجاً للطاقة الكهربائية من الطاقة النووية بما مقداره 805 تيرا وات ساعة، بما يعادل 20% من إجمالي إنتاج الطاقة الكهربائية بها. تليها فرنسا بما مقداره 379 تيرا وات ساعة وبما يعادل 71.61% من إجمالي طاقتها الكهربائية. تليها اليابان بـ 29 تيرا وات ساعة (3.6% من إنتاجها الإجمالي للكهرباء).

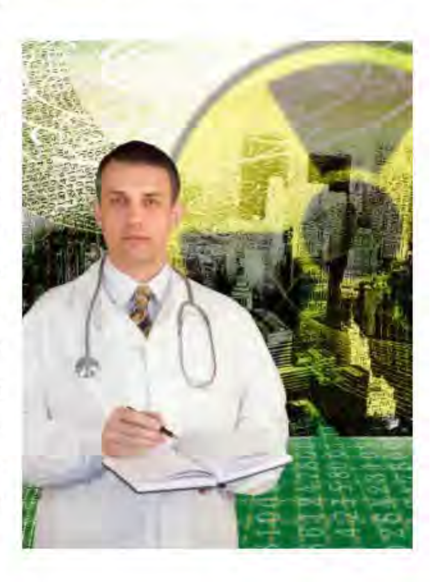
أكثر دول العالم التي لديها مفاعلات نووية عاملة لإنتاج الطاقة الكهربائية هي أمريكا، إذ تبلغ 99

تساعد التقنيات النووية في عمليات التعدين، وباستخدام مقتفيات الأثر في مراحل استخراج المعادن، وعمليات الطحن، وتقييم كفاءة فصل حبيبات المعادن الصخرية بعد خروجها من عمليات التدقيق والطحن

مفاعلاً، ثم فرنسا 58 مفاعلاً (14%)، واليابان 42 مفاعلاً.

تعد الصين أكبر دولة لديها مشروعات إنشاء محطات قوى نووية لإنتاج الطاقة الكهربائية بقدرة 247 تيرا وات ساعة (عدد 42 مفاعلاً) وتحت الإنشاء 15 مفاعلاً حالياً.

كمية اليورانيوم المطلوب حتى 2017م هي 65 ألف



طن، منها قرابة 70% لأمريكا وفرنسا واليابان وروسيا وكوريا الجنوبية فقط، من بين عدد 30 دولة لديها محطات طاقة نووية.

## التطبيقات النووية في المجال الطبي

يأتي استخدام الأشعة السينية لأغراض التشخيص كأبسط مثال وأقدمه في هذا المجال، وأكثره شيوعاً.

وقد ساعدت هذه التقنية على تشخيص كثير من الأمراض بواسطة التصوير والتعرف إلى التغيرات التي تحدث لتراكيب الجسم الداخلية. وحديثاً واكبت هذه التقنية تقنيات تشخيصية نووية مختلفة من بينها التصوير باستخدام مبدأ الرنين المغناطيسي.

ومن جهة أخرى تستخدم النظائر المشعة بنجاح لأغراض التشخيص الأكثر دقة، ولإجراء كثير من الفحوصات، ودراسة بعض وظائف الجسم الداخلية، إلى جانب استخدامها أداة علاجية في هيئة مقتفيات الأثر مثلاً المستخدمة عادة في الطب النووي.

كما أن كثيراً من التحاليل الضرورية للكشف عن عناصر في جسم الإنسان توجد بتركيز منخفض جداً يستلزم استخدام الطرائق التحليلية النووية التي من أكثرها حساسية ما يسمى التحليل بالتنشيط النيتروني.

بمتابعة نتائج التطور الحاصل في طرق علاج مرض السرطان، يظهر أنه في أوائل القرن العشرين كانت نسبة بسيطة جداً من المصابين بهذا المرض يأملون العيش لفترة وجيزة، أما في عام 1930م فإن 20% تقريباً من المعالجين يعيشون خمس سنوات بعد العلاج، وفي عام 1960م ازدادت هذه النسبة إلى 33%. وفي عام 1970م أصبح 50% تقريباً يعيشون خمس سنين بعد الإصابة، وذلك بفضل الله، ثم بفضل ما تم التوصل له من استخدام طرائق مختلفة للعلاج.

ويشار إلى التطورات الأخيرة، خاصة استخدام

الأشعة الأيونية (ما يعرف بالهيدرون) ولاسيما أيون الهيدروجين، وأفضل منه أيون الكربون ذو الطاقة العالية والقدرة العلاجية المتميزة.

عادة يلجأ الأطباء في علاج السرطان إلى إجراء عملية لاستئصال الورم أولاً، ومن ثم يتبعون ذلك بالتشعيع (التعريض للإشعاعات)، أو العلاج الكيماوي، هذا في حالة إمكانية استئصال الورم، أما إذا كان الورم في أنسجة حرجة، مثل: أنسجة المخ فهذه الطريقة من الصعب استخدامها. ويعد التنشيط النيوتروني للبورون (BNCT) من الطرائق التي تعد مثلى لعلاج هذه النوعية من الأمراض.

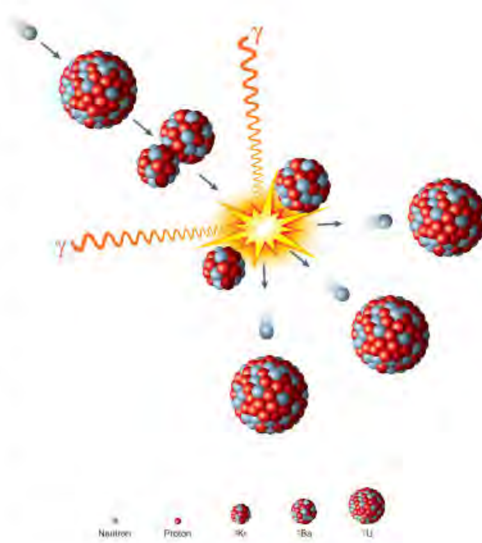
وتهدف هذه الطريقة إلى تحطيم أكبر خلايا للسرطان دون أن تتأثر الخلايا السليمة.

وتعتمد هذه الطريقة على تركيز مركب يحتوي على البورون (10 B) بنسبة عالية في الورم السرطاني، وذلك بحقن دم المريض بهذا المركب، إذ يجري امتصاصه في الخلايا السرطانية فقط، وليس في الخلايا السليمة. وبعد ذلك يتم تشعيع الورم بالنيوترونات فيتم امتصاص النيوترونات بواسطة البورون (B-10)، وتنطلق نتيجة لذلك جسيمات ألفا ونويات الليثيوم (Li-6).

وتعد جسيمات ألفا والليثيوم ذات مدى قصير في داخل الجسم، أي سوف يفقدان طاقتهما في مسافة قصيرة (تساوي تقريباً طول قطر خلية واحدة)، مما ينتج منه توليد جرعة إشعاعية عالية في داخل الورم للقضاء على الخلايا المريضة، وبما أن مدى جسيمات ألفا والليثيوم قصيرة، فإن الخلايا السليمة حول الورم لن تتأثر بهما.

والفكرة الأساسية هي إعطاء الورم السرطاني أكبر جرعة إشعاعية ممكنة دون التأثير في الخلايا السليمة سواء من حزمة النيوترونات أو أشعة جاما الصادرة أيضاً من التفاعل الرئيس لمصدر النيوترون.






ويعد مفاعل الأبحاث النووي هو أفضل مصدر للنيوترونات المراد استخدامها في هذا النوع من العلاج. وساهم التطور في مجال الهندسة الوراثية في إيجاد نوع من المضادات الحيوية لها خاصية الارتباط بالخلايا السرطانية دون الخلايا الطبيعية. وعندما تربط هذه المركبات بنظائر مشعة لها خصائص معينة فإننا نحقق التشعيع المحلي وعلى مستوى الخلية الواحدة، ومن ثم نتجاوز الآثار الجانبية لطرق التشعيع الخارجي كتعريض خلايا طبيعية أو أنسجة كاملة لجرعات إشعاعية لا داعي لها. بالإضافة إلى هذا، يتميز العلاج بهذا الأسلوب بإمكانية منع عودة المرض تماماً وذلك بالقضاء على الخلايا السرطانية المتبقية بعد الاستئصال الجراحي للأورام والتي لا يحققها أي أسلوب علاجي آخر.

> بدأ العالم يدرك مخاطر اندثار المعرفة النووية بتقادم عمر رواد هذه المعرفة من علماء ومهندسين وتقنيين وإمكانات بشرية بشكل عام، دون إحلال كافٍ من الأجيال اللاحقة وذلك بسبب عزوف دول العالم لفترة طويلة عن الطاقة النووية

يستخدم الإشعاع لتعقيم المنتجات الطبية. ولهذا المجال أهمية بالغة، وذلك لعلاقته المباشرة بحفظ صحة الإنسان. وتستخدم عادة أشعة جاما في تقنية التعقيم بالإشعاع، إذ تفوقت هذه التقنية على كثير من طرائق التعقيم الأخرى من حيث كفاءتها، فضلاً عن ذلك فهذه الطريقة يمكن أن تتم عند درجات الحرارة العادية، وهذا له أهميته إذ إن كثيراً من المعدات الطبية تتأثر بدرجات الحرارة العالية. الأمر الآخر هو أن الأداة المراد تعقيمها بالإشعاع يمكن أن تعد ثم تغلف التغليف النهائي، وبعد ذلك يتم تعقيمها؛ مما يضمن عدم إمكانية تلوثها مجدداً قبيل عملية التغليف، الذي قد يحدث في حالة استخدام طرائق التعقيم الأخرى.

## التطبيقات النووية في مجال الثروات المعدنية

يهدف استخدام التقنيات النووية في مجال التعدين إلى استكشاف الخامات الثمينة وتحديد تركيزها وكذلك التحكم في جودة الإنتاج. وتمر عمليات التعدين بأربع مراحل رئيسة هي: التنقيب والاستخراج-والطحن-الفصل– التداول والنقل.

وتساعد التقنيات النووية في عمليات التعدين، وباستخدام مقتفيات الأثر في مراحل استخراج المعادن، وعمليات الطحن، وتقييم كفاءة فصل حبيبات المعادن الصخرية بعد خروجها من عمليات التدقيق والطحن



ومعايرة أجهزة قياس كمية تدفق الحبيبات الصخرية (مقياس الكثافة ومقياس السريان الكهرومغناطيسي) أثناء نقلها بواسطة الأنابيب بين الوحدات في المصنع.

تستخدم التقنيات النووية في التنقيب عن الزيت إلى الحصول على بيانات تؤدي إلى فهم أعمق وأفضل لجيولوجية الطبقات، وتحديد وتقدير كميات الزيت والغاز في الحقول، ويمكن أن يحدد باستخدام

تؤكد جميع الدراسات التي أجريت على المياه الملوثة أن الإشعاع يشكل وسيلة فاعلة لإزالة الملوثات بجميع أنواعها ومن ثم إعادة استخدام تلك المياه للأغراض المختلفة

التقنيات النووية:

- نوع وكمية السوائل البترولية في الحقل.
- نفاذية الصخور الرسوبية وطبيعة تكوينها.
- نوعية تربة الصلصال التي تحتوي على المواد الهيدروكربونية.
- التكوينات المعدنية.
- استخدام النيوترونات لتحديد المسامية.

وتستعمل مقتفيات الأثر لدراسة حركة السوائل (الماء، والبخار، والزيت، والغاز) في آبار الزيت، وهذه الدراسة تهدف إلى الحصول على معلومات عن معدل السريان وانتقال الزيت داخل تكوينات صخرية غير مرغوبة. كما تستخدم مقتفيات الأثر في الكشف عن التسربات في أنابيب نقل الزيت الخام سواء الأنابيب فوق سطح الأرض أو المدفونة.

## التطبيقات النووية في المجال البيئي

يهدف استخدام تقنيات التحليل النووية في مجال البيئة إلى تحديد نوع العناصر في العينات، وكمية تركيزها، وتركيبها الكيميائي.

وتفيد هذه الطرائق في تحديد تركيز ونوعية العناصر في ملوثات الهواء، التي تتألف من ثاني أكسيد الكبريت، وأول أكسيد الكربون، ومواد دقيقة طائرة، وأكسيد النيتروجين، والأوزون، والرصاص، ومركبات هيدروجينية، وتحديد تركيز ونوعية العناصر في ملوثات الشواطئ التي تؤثر في الأحياء البحرية.

ومن أهم الملوثات التي تساهم فيها الطرائق التحليلية النووية بشكل فاعل هي دراسة تركيز العناصر في المواد الدقيقة الطائرة، وهي خليط من الحبيبات الصلبة والسائلة العالقة بحالة غازية، وتراوح أحجامها حول 10 ميكرو مترات، وهذه الحبيبات تؤثر بشكل مباشر في صحة الإنسان خاصة في المدن الكبيرة.

وتساعد تقنيات التحليل النووية في تحديد تركيز العناصر الكيميائية في المواد الدقيقة الطائرة بدقة، بل تعد الطرائق الرئيسة في هذا المجال.

ومن هذه العناصر على سبيل المثال: الرصاص، والألمنيوم، والكلور، والحديد، والزنك.

كما تستعمل مقتفيات الأثر في دراسة انتشار الغازات الصناعية في الأجواء، ودراسة ديناميكية انتشار الملوثات وتركزها في المناطق المغلقة، مثل: الأنفاق، ومناطق العمليات الصناعية، والمباني.

تلقى قضية تلوث المياه اهتماماً كبيراً على المستوى العالمي، خاصة مياه الصرف الصحي والصناعي التي لا تحظى بالمعالجة الكافية لتنقيتها قبل صرفها إلى الأرض أو البحر.

ومع تزايد الطلب على المياه في جميع أنحاء العالم؛ لقلة الموارد المائية، فقد اتجه التفكير إلى إعادة استخدام مياه الصرف بعد تنقيتها من الملوثات السامة والميكروبات في الزراعة وغيرها، لكن الطرائق التقليدية في تنقية مياه الصرف في محطات الصرف الصحي والصناعي المستخدمة حالياً لا تضمن التنقية المطلوبة، وتتسبب في أضرار كثيرة للتربة، والمياه الجوفية، إذ يوجد في تلك المياه كثير من المواد الكيميائية السامة، واكثير من أنواع الميكروبات، التي تتزايد نتيجة الوسط المناسب المغذي لها في تلك المياه.

> تساهم التقنيات النووية في زيادة معدلات الإنتاج وجودته، وفي توفير الطاقة والأيدي العاملة، ومن ثم تخفيض التكاليف، ويشمل ذلك مجالات صناعية كثيرة

كما أن هناك نوعين من المواد الكيميائية السامة: عضوية وغير عضوية، ومن أمثلة المواد العضوية في المياه والتي تتسبب في أمراض سرطانية بعض المواد الهيدروكربونية المتحدة مع الكلور الذي يستخدم لتنقية المياه من الفيروسات والبكتيريا العالقة بها، كما يوجد في مياه الصرف كثير من المنظفات الصناعية والزيوت والشحوم والفينولات وغيرها، والمواد غير العضوية، مثل: الرصاص، والكالسيوم، والزئبق، ولا يقتصر الأمر على مياه الصرف الصحي والصناعي، بل إن مياه الشرب أيضاً، ولاستخدام الكلور في تعقيمها من الميكروبات فإن بعض المواد العضوية الموجودة في المياه (humic substances) قد تتحد مع الكلور وتكون مواد سامة مسرطنة مثل (tri halomethanes. THH s).

وقد اتجه التفكير منذ أوائل السبعينيات في البحث عن طرائق بديلة وأكثر فاعلية للحصول على مياه خالية من الميكروبات والكيماويات السامة، وقد تمت منذ ذلك الوقت دراسة تأثير أنواع مختلفة من الإشعاعات للقضاء على المواد الحيوية والكيماوية الموجودة بالمياه الملوثة، وقد استخدمت كل من أشعة جاما والأشعة فوق البنفسجية والأشعة السينية وأشعة الإلكترونات لتحقيق ذلك الغرض، وقد وجد أن تأثير الإشعاع في المياه يخلق ما يسمى الجذور الحرة التي تستطيع أن تؤكسد كثيراً من المواد العضوية السامة في المياه، كذلك وجد أن الإشعاعات لها تأثير فاعل وقاتل للميكروبات بجميع أنواعها الموجودة في المياه الملوثة، كما وجد أن المواد غير العضوية السامة في المياه الذائبة، مثل: مركبات الرصاص والصوديوم والزئبق يمكن إزالتها من المياه عن طريق ترسيبها عند تعرضها إلى الإشعاع، وثم بعد ذلك إزالتها بالترشيح.

وطبقاً لجميع الدراسات التي أظهرت الفوائد الكثيرة لاستخدام الإشعاع في تنقية المياه من المواد السامة، فقد اتجه كثير من الدول إلى إنشاء محطات تنقية المياه باستخدام الإشعاع، كذلك أقيمت المحطات التي تستخدم الإشعاع لتعقيم رواسب محطات الصرف الصحي، التي تجفف وتستخدم سماداً لتغذية النباتات، ولكنها تحوي كماً هائلاً من الميكروبات المرضية، ولا يمكن تعقيمها إلا باستخدام الإشعاع.

وتؤكد جميع الدراسات التي أجريت على المياه الملوثة أن الإشعاع يشكل وسيلة فاعلة لإزالة الملوثات بجميع أنواعها ومن ثم إعادة استخدام تلك المياه للأغراض المختلفة.

## تطبيقات التقنيات النووية في الزراعة

يستخدم الإشعاع في استنباط سلالات جديدة من النبات، إذ يمكن تحسين فاعلية مقاومة النباتات للظروف البيئية الحرجة (مثل: الجفاف، والملوحة، والصقيع، ودرجة الحرارة العالية أو المنخفضة) وكذلك حماية التنوع الأحيائي في أنواع النباتات المزروعة وأصنافها، ولا سيما المهددة بالانقراض، وأيضاً الحصول على سلالات محددة الهوية تتصف بخصائص إنتاجية ووصفية مناسبة، ومقدرة ومتميزة في تحمل العوامل البيئية الحرجة.

كما يمكن تحسين القيمة الغذائية وزيادة إنتاجية بعض المحاصيل باستخدام تقنية التشعيع.



يستخدم الإشعاع في استنباط سلالات جديدة من النبات، إذ يمكن تحسين فاعلية مقاومة النباتات للظروف البيئية الحرجة، وكذلك حماية التنوع الأحيائي في أنواع النباتات المزروعة وأصنافها



ينطوي حفظ الغذاء بالتشعيع على معالجته بأحد أنماط الطاقة. وتتضمن العملية تعريض الغذاء السائب أو المغلف إلى مقادير من الإشعاعات المؤينة تتم مراقبتها بدقة مدة معينة حتى تتحقق فيها صفات معينة مستحبة.

وبغض النظر عن طول مدة المعالجة وعن مقدار جرعة الطاقة الممتصة، لا يمكن للعملية أن تزيد مستوى النشاط الإشعاعي الطبيعي الموجودة أصلاً في الغذاء، بل يمكنها من خلال تغيير البنية الجزيئية منع انقسام الخلايا الحية كالخلايا البكتيرية وخلايا الأحياء الأعلى رقياً. ويمكن لها أيضاً أن تثبط اكتمال نضج بعض الفواكه والخضر من خلال تفاعلات كيميائية حيوية تأخذ مجراها في العمليات الفسيولوجية بالنسج النباتية. ويزداد الاهتمام بتقنية تشعيع الأغذية ازدياداً مطرداً ليشمل العالم بأسره.

وقد أقرت السلطات الصحية وسلطات السلامة في أكثر من 37 دولة تشعيع نحو 40 نوعاً من أنواع الأغذية المختلفة بدءاً من البهارات إلى الحبوب ولحوم الدواجن منزوعة العظام والفواكه والخضر.

ويطبق عدد من هذه الدول عملية التشعيع لتحقيق أغراض تجارية. ويرجع اهتمام الحكومات في العملية التشعيعية إلى عدة أسباب تتعلق بالخسائر الجسيمة التي تتكبدها باستمرار نتيجة إصابة المحاصيل بالحشرات والتلوث الميكروبي والفساد، إذ قدرت منظمة الأغذية والزراعة أن نحو 25% من إنتاج الأغذية يفقد على مستوى العالم بعد الحصاد أو القطاف بسبب الإصابة بالحشرات والبكتيريا والقوارض.

ومع أن تقنية الحفظ بالتشعيع لن تحل منفردة مشكلات خسائر ما بعد الحصاد، فهي تؤدي دوراً مهماً في تخفيض حجم هذه الخسائر، وتقليل الاعتماد على مبيدات الآفات الكيميائية، وتوفير الطاقة.

من ناحية أخرى، تساعد تقنية حفظ الأغذية بالتشعيع في الحفاظ بشكل غير مباشر على الموارد الطبيعية، ولعل من أهمها الماء المستخدم في الري.

ولا ينتج من العملية التشعيعية عموماً سوى القليل جداً من التغيرات الكيميائية التي تأخذ مجراها في الغذاء. ولم يعرف عن أي من هذه التغيرات أنها مؤذية أو خطيرة. وأوضحت البحوث المكثفة أن عناصر التغذية الرئيسة كالبروتينات والمواد الكربوهيدراتية والدسمة ثابتة نسبياً تحت تأثير الجرعات التشعيعية حتى مستوى 10 كيلوجراي.

أما عناصر التغذية الصغرى، وبخاصة الفيتامينات، فهي حساسة لأية طريقة معالجة غذاء بما في ذلك التشعيع. وقد فحصت لجنة الخبرة المشتركة (بين منظمة الأغذية والزراعة ومنظمة الصحة العالمية والوكالة الدولية للطاقة النووية) هذه المسائل ومسائل أخرى. وذكرت في استنتاجاتها في عام 1980م أنه لا تنتج من التشعيع مشكلات تغذية معينة.

## تأثيرات إشعاعية إيجابية

يمكن تلخيص التأثيرات الإشعاعية الإيجابية في الأغذية في الآتي:

- منع التزريع.
- التطهير من الحشرات والديدان.
- التحكم في الطفيليات.
- إطالة عمر التخزين من دون مبردات.
- إطالة عمر التخزين بالمبردات.
- القضاء على الكائنات المسببة للأمراض.
- تقليل الحمل الميكروبي.
- التعقيم.

## التطبيقات النووية في مجال القضاء على الحشرات

يستخدم الإشعاع وبنجاح في القضاء على أنواع من الحشرات التي تشكل تهديداً كبيراً للمحاصيل مثل: ذبابة الفاكهة، إذ يؤدي الإشعاع إلى تعقيم ذكور تلك الحشرات، ثم بعد إطلاقها في المناطق التي توجد بها تلك الحشرة لا تنتج من التزاوج أجيال جديدة من الحشرات، وتقل تدريجياً أعداد تلك الحشرات في تلك المناطق.

وقد نجحت هذه التجربة في عدد من الدول مثل الولايات



المتحدة الأمريكية، إذ قُضي على سوسة القطن التي كانت تفتك بالمحصول سنوات طويلة، كذلك تم القضاء على ذبابة الفاكهة في أحد أنوع الفاكهة المتداولة في اليابان بشكل تام، كما تم استخدام هذه التقنية في شمال إفريقيا للقضاء على أحد أنواع الديدان التي تسمم الماشية وتفتك بها.

## التطبيقات النووية في المجال الصناعي

تساهم التقنيات النووية في زيادة معدلات الإنتاج وجودته، وفي توفير الطاقة والأيدي العاملة، ومن ثم تخفيض التكاليف. ويشمل ذلك مجالات صناعية كثيرة، مثل: صناعات النسيج والزجاج والمواد الكيمياوية والبتروكيمياوية وإنتاج الفولاذ وغيرها.

## تطبيقات التقنيات النووية

من أمثلة التطبيقات الصناعية التي تستخدم فيها التقنيات النووية:

- تحسين خصائص المواد بالتشعيع.
- تعقيم المنتجات الطبية باستخدام أشعة جاما.
- الاختبارات اللا إتلافية للمواد.
- اختبارات التصوير الإشعاعي.
- المراقبة والتحكم باستخدام النظائر المشعة كمقتفيات أثر أو كمكونات لأجهزة قياس المناسيب والكثافة والسماكة وغيرها.

يستخدم الإشعاع وبنجاح في القضاء على أنواع من الحشرات التي تشكل تهديداً كبيراً للمحاصيل مثل: ذبابة الفاكهة، إذ يؤدي الإشعاع إلى تعقيم ذكور تلك الحشرات

- البطاريات طويلة العمر.

ولعل التصوير الإشعاعي هو أحد أشهر أنماط الاختبارات اللا إتلافية. ويستخدم لهذا الغرض عدد من التقنيات التي تعتمد في الغالب على مصادر إشعاعات جاما أو النيوترونات ولكل منها التطبيقات الخاصة بها.

وقد اتسعت مجالات استخدام هذه التقنيات في الصناعة لما توفره من سهولة في الاستخدام وصيانة بسيطة، وخفض لتكلفة التشغيل، وعدم الحاجة إلى تحضير عينات للفحص، وكل هذه العوامل مهمة في الصناعة التي تتطلع إلى طاقة إنتاج مرتفعة، مع توفير في الوقت والعمالة المطلوبة، واستهلاك الطاقة، إضافة إلى تقديم منتجات ذات جودة عالية.

والتصوير بأشعة جاما يعتمد على مبدأ الاختراق والامتصاص والارتداد. فكلما زادت السماكة زادت الامتصاصية لأشعة جاما. وتستخدم على سبيل المثال في التأكد من خلو مواضع اللحام والصناعات الخزفية والسبائك وغيرها، من أي شقوق أو فراغات.

أما التصوير بالنيوترونات فهو يعتمد على مبدأ الارتداد والتبعثر، وهذا يرتبط في الأساس بكثافة المواد. ولهذا السبب؛ فإن استخدامات هذه التقنية هي في الغالب لقياس نسب المواد في مزيج من المواد المنخفضة والمرتفعة الكثافة مثل الخلطات الإسفلتية.

وتستخدم تقنيات القياس النووية على نطاق واسع في الصناعة بكل أنواعها، وهي تعتمد على إشعاعات بيتا وجاما التي تصدرها النظائر المشعة. فهناك على سبيل المثال أجهزة لقياس السماكة في مصانع إنتاج الألواح البلاستيكية، ومصانع الورق والفولاذ، وغيرها؛ إذ تكون هناك صعوبة في أخذ عينات للفحص من خطوط الإنتاج المتصلة.

أما أجهزة قياس الكثافة فتستخدم مثلاً للتحكم في نسب المواد الداخلة في إنتاج المنظفات أو المواد الغذائية



وغيرها. أما أجهزة قياس المناسيب فهي تستخدم في الأماكن التي تكون درجة الحرارة أو الضغط فيها مرتفعين أو في وجود مواد مؤكسدة أو آكلة لا يمكن فيها استخدام أجهزة قياس ذات اتصال مباشر.

يمكن تعريف تقنية المعالجة الإشعاعية للمواد بأنها تقنية إيجاد أو تحسين منتجات تجارية عملية باستخدام جرعات عالية من الأشعة المؤينة. وتأثير الأشعة المؤينة في المواد البوليمرية على سبيل المثال يغلب عليه طابعان بشكل عام أولهما هو أن الأشعة تؤدي إلى إيجاد روابط كيميائية بين جزيئات البوليمر. وهذه الروابط بدورها تؤدي إلى تحسين المواصفات الميكانيكية والمناعة للظروف المناخية للبوليمر المعالج مما يعطيه قيمة تجارية عالية.

الطابع الثاني هو أن الأشعة تؤدي إلى تفكك الروابط الكيميائية بين جزيئات البوليمر وهي ظاهرة أقل شيوعاً من الأولى. وتبرز فائدة هذه الظاهرة عندما تتوجب الصناعة إيجاد جزيئات لمركبات بوليمرية بأحجام صغيرة جداً إلى أقل من الميكرون. ومن أمثلة التطبيقات الصناعية لهذه التقنية عملية الربط للمواد البوليمرية لتحسين المواصفات الميكانيكية وعملية المعالجة لأغراض التكسية والطباعة وعملية التعقيم للأدوات الطبية البلاستيكية.

وتستخدم هذه التقنية دول أوروبية كثيرة، مثل: فرنسا، وألمانيا، وبولندا، والدول الإسكندنافية، ودول شرق آسيوية، مثل: الصين، وماليزيا، وإندونيسيا، واليابان.

إن طبيعة الروابط الكيميائية الناتجة من استخدام الأشعة المؤينة تختلف عن نظيراتها الناتجة من استخدام المواد الكيميائية، هذا بدوره يعطي مناعة خاصة في بعض الأحيان للمواد البوليمرية ضد العوامل البيئية المتلفة مثل الحرارة المرتفعة وغاز الأوزون وغيرهما.

وهذه المناعة تضفي على المواد البوليمرية المعالجة بالتشعيع صبغة تجارية عالية لا يمكن مضاهاتها

> خلال طرائق نووية معينة يمكن الكشف عن المتفجرات التي عادة ما تصنع من مواد كيميائية يصعب الكشف عنها؛ لسهولة إخفائها بين الأمتعة.

بالطرق الكيميائية التقليدية. إن سر نجاح تقنية التشعيع في الصناعة يكمن في قدرة جرعات إشعاعية صغيرة على إيجاد تغيرات كيميائية ضخمة.

## التطبيقات النووية في مجال الكشف عن الجريمة

تساهم التقنية النووية في الكشف عن الجريمة بطرائق مختلفة ومنذ عدة عقود. فمنها ما هو مألوف لدى كثير من المسافرين في المطارات، إذ تقوم كواشف المعادن التي تعتمد في معظمها على الأشعة السينية بالتعرف إلى الأسلحة والأدوات الحادة المخبأة في الأمتعة وخلافها، ومن ثم إيقاف الجريمة قبل وقوعها.

إلا أنه من خلال طرائق نووية معينة يمكن الكشف عن المتفجرات التي عادة ما تصنع من مواد كيميائية يصعب الكشف عنها؛ لسهولة إخفائها بين الأمتعة.

أما في حالة نجاح المجرمين في تنفيذ جريمة معينة،

> ربما يكون أكبر عائق للتقنية النووية في علم الجريمة هو في الواقع وجود قلة من المختبرات المتخصصة في هذا المجال في العالم، التي لديها الإمكانات الضرورية

فإن استخدام التقنية النووية يأخذ بعداً آخر في محاولة التعرف إلى خيوط الجريمة، وذلك بالتحليل الكمي والنوعي غير الإتلافي للعينات المجمعة من مكان الحادث، ولذلك فإن مختبرات الجريمة الحديثة تستفيد من عدد من الطرائق العلمية الحديثة بما فيها التقنية النووية.

والطرائق النووية ماهي إلا نوع من أنواع الطرائق التحليلية المختلفة والمتوافرة في مختبرات الجريمة إذ يتم استخدامها في التحقيق في حالات الجريمة المهمة.

## استخدام طرائق التحليل النووية

يمكن استخدام طرق التحليل النووية في كثير من الحالات التي من أهمها:

- التحقق من إمكانية وجود عناصر سامة في عينات من تشريح الجثث أو الأغذية أو الأوعية.
- التعرف إلى وجود كميات غير قانونية من عناصر معينة في الأغذية أو الأدوية (على سبيل المثال كمية الزئبق في بعض المعلبات).
- التعرف إلى إمكانية وجود ترسبات أو تلوث ناتج من إطلاق أعيرة نارية سواء كانت على الأيدي أو الملابس أو أي أسطح أخرى.
- التعرف إلى المكان الأصلي للدواء أو التربة أو الأعيرة النارية.
- مقارنة العينات المجمعة من مكان الجريمة مع تلك المأخوذة من المتهمين مثل الشعر، والأظافر، والدم، والطلاء، والزجاج، والأدوية... إلخ.

ربما يكون أكبر عائق للتقنية النووية في علم الجريمة هو في الواقع وجود قلة من المختبرات المتخصصة في هذا المجال في العالم، التي لديها الإمكانات الضرورية (مثل توافر المفاعل الذري البحثي) لاستخدام هذه التقنية.




شهد عالمنا تغيّراً سريعاً ونمواً سكانياً مطرداً خلال القرنين الأخيرين، إذ أدت التطورات العلمية والقفزات الهائلة في مجالات الطاقة، الطب، الزراعة، النقل، وغيرها إلى تصاعد معدلات الولادة، إطالة الأعمار، وتقليل معدلات الوفيات.

وتزامنت تلك الطفرة السكانية مع ازدياد الطلب على المصادر اللازمة لدعم هذه الأعداد المتنامية، وهذا ما جعل الحصول على مصادر الطاقة المستديمة أولويةً تتمحور حولها رؤى الدول وخططها التنموية.

ولقد تصاعد هذا الاهتمام مع بروز أزمة الطاقة على الساحة في سبعينيات هذا القرن، ونتيجة لنمو الطلب العالمي على النفط بنحو مليون برميل سنوياً.

بالنظر إلى واقع الطاقة في المملكة العربية السعودية، نجد أن الاستهلاك المحلي يبلغ نحو 3 ملايين برميل نفط يومياً وبمعدل 04 برميلاً سنوياً للفرد الواحد، ومن المتوقع ارتفاع الاستهلاك المحلي إلى 8 ملايين برميل نفطٍ بحلول عام 0302م مع ازدياد النمو السكاني الملحوظ الذي يُقدّر بنسبة 8.3%[1].

فكيف ستواجه المملكة العربية السعودية هذا الطلب المتزايد على الطاقة؟

# مستقبل الطاقة النووية النظيفة

# في المملكة العربية السعودية



د. فارس علي بوخمسين

الرئيس التنفيذي لمجموعة السعودي العلمي



جاء الجواب في مرسوم ملكي أصدره الملك عبدالله بن عبدالعزيز- رحمه الله- في عام 2010م، ونصّ على ضرورة تطوير الطاقة الذرية لتلبية احتياج المملكة المتنامي للطاقة لتوليد الكهرباء وتحلية المياه؛ لتنشأ على إثره مدينة الملك عبد الله للطاقة الذرية والمتجددة بهدف بناء مستقبل مستديم، ومتوازن للطاقة، وذلك وفقاً لخطط مبنية على دراسات وأبحاث موسعة تحرص على الاستفادة من التقنيات المتقدمة والاستثمار الأمثل لموقع المملكة الجغرافي والعوامل البيئية[2].

تأتي اليوم رؤية المملكة 2030 لتولي قطاع الطاقة أهميةً قصوى، إذ تتوجه المملكة إلى تقليص الاعتماد على المصادر التقليدية للطاقة كالنفط والغاز الطبيعي، وتتجه لبناء مزيج من الطاقة التقليدية، المتجددة، والبديلة، بما يؤمن مستقبلاً مزدهراً للأجيال القادمة ويلبي الطلب المطرد على الطاقة والمتوقع أنه سيتعدى 120 جيجاوات بحلول عام 2032م، وذلك دون استنفاد الموارد الهيدروكربونية الناضبة، بل استثمارها في الجوانب الصناعية، فضلاً عن استهلاكها في الحصول على الطاقة والمياه المحلاة فقط. وتأتي الطاقة الذرية بديلاً مهماً ضمن منظومة الطاقة المحلية كأحد أكثر البدائل استدامةً وصداقةً للبيئة[3].

## الطاقة الذرية

تتألف الذرات من النيوترونات والبروتونات داخل النواة والإلكترونات، وترتبط بعضها ببعض نتيجةً لإحدى القوى الفيزيائية الأربع الأساسية وهي القوى النووية الضعيفة التي تتميز بطاقتها العالية، إذ تتحرر طاقةٌ هائلةٌ عند تكسّر هذه الروابط وفقاً للمعادلات الفيزيائية التي تنصّ على تحوّل كمية ضئيلة من المادة إلى مقدارٍ كبيرٍ من الطاقة في عملية الانشطار النووي.

ويُشكل عنصر اليورانيوم الوقود الأساسي لمحطات توليد الطاقة عبر الانشطار النووي، وتعد نظائر اليورانيوم U 235 هي المستخدمة فعلياً وقوداً نووياً لسهولة انشطارها تحت ظروفٍ معيّنة وإنتاجها للكثير من الطاقة. ويتطلب ذلك مرور اليورانيوم الخام بعملية تخصيب اليورانيوم لاستخلاص النظائر، ومن ثم تشكيلها في هيئة



قضبان الوقود النووي ضمن المفاعل النووي.

يُقدّر احتياطي المملكة من اليورانيوم ما يعادل 6% من الاحتياطي العالمي[3]، ويُستخرج ثلثي اليورانيوم من مناجم كازاخستان، كندا، وأستراليا، ولا يُسمح بتصديره إلا للدول المشاركة بمعاهدة الحد من انتشار الأسلحة النووية التي تُشرف عليها الوكالة الدولية للطاقة الذرية لضمان الاستخدام السلمي للوقود النووي، ولقد شاركت المملكة في هذه المعاهدة منذ عام 1988م [4].



تأتي اليوم رؤية المملكة 2030 لتولي قطاع الطاقة أهميةً قصوى، إذ تتوجه المملكة إلى تقليص الاعتماد على المصادر التقليدية للطاقة كالنفط والغاز الطبيعي، وتتجه لبناء مزيجٍ من الطاقة التقليدية، المتجددة، والبديلة

كما اعتمدت في مارس الماضي السياسة الوطنية لبرنامج الطاقة الذرية في المملكة العربية السعودية، والتي تؤكد حصر الأنشطة التطويرية الذرية على الأغراض السلمية وفق الأطر والمعاهدات الدولية، إضافةً إلى الالتزام التام بالشفافية في الجوانب التنظيمية والتشغيلية، وتحقيق الاستدامة عبر الاستغلال الأمثل للموارد الطبيعية الوطنية وإدارة النفايات المشعة، مع تحقيق المعايير الأمنية في المرافق النووية والإشعاعية ضمن إطارٍ تنظيمي ورقابي مستقلٍ[5]، ويأتي اعتماد السياسة الوطنية تماشياً مع أهداف المشروع الوطني للطاقة الذرية.

## المشروع الوطني للطاقة الذرية

تبلورت الدراسات والأبحاث المستفيضة التي قامت بها مدينة الملك عبدالله للطاقة الذرية والمتجددة عن المشروع الوطني للطاقة الذرية[6]، الذي يسعى إلى إدخال الطاقة الذرية مصدراً رئيساً ضمن مزيج الطاقة المحلي لتحقيق أحد أهداف رؤية 2030 التي تتمثل في تنويع مصادر الطاقة وتعزيز دور المملكة الريادي

في مجال الطاقة، ويأتي المشروع معلناً دخول المملكة المجال النووي السلمي، ويتمثل المشروع في أربعة مكوّنات أساسية تضمن توطين مجال الطاقة الذريّة وفق أعلى المعايير الفنية، التقنية، والأمنية:

### 1- المفاعلات النووية الكبيرة

أول مكوّن هو بناء المفاعلات النووية الكبيرة، ويشمل ذلك بناء 16 مفاعلاً نووياً خلال العشرين سنة المقبلة بقدرة تصل إلى 17 جيجاوات، أي ما يعادل 20% من مجمل الطاقة المُولدة في المملكة بحلول 2040م. ويشمل هذا المكوّن دراسة تقنيات المفاعلات النووية وإجراء الدراسات الفنية للتصاميم الهندسية، واختيار المواقع الجغرافية وتهيئتها لبناء محطات الطاقة الذرية بالمملكة، وإنشاء الشركة النووية القابضة التي ستشرف على تشغيل هذه المفاعلات النووية وإدارتها.

ولقد اختيرت ثلاثة أماكن محتملة لبناء المفاعلات وفقاً للدراسات والمعايير الفنية، وهي: مدينة الجبيل الواقعة على الخليج العربي، ومدينتا تبوك وجازان على البحر الأحمر، ومن المقرر طرح عقود بناء أوّل مفاعلين نوويين يبلغ مجموع إنتاجهما 2.8 جيجاوات في نهاية العام الحالي[7].

### 2- توطين تقنيات المفاعلات الذرية الصغيرة المدمجة وبناؤها:

يتيح المكوّن الثاني للمشروع للمملكة تملّك تقنيات المفاعلات النووية الصغيرة المدمجة وتطويرها، وهي تُستخدم عادةً في محطات تحلية المياه والتطبيقات الحرارية المتعلقة بالصناعات البتروكيميائية، إذ تبنى في أماكن منعزلة عن الشبكة الكهربائية تبعاً لمتطلباتها، ومنها المفاعلات النووية المدمجة الصغيرة عالية الحرارة





أول مكوّن للمشروع الوطني للطاقة الذرية بناء المفاعلات النووية الكبيرة، ويشمل ذلك بناء 16 مفاعلاً نووياً خلال العشرين سنة المقبلة بقدرةٍ تصل إلى 17 جيجاوات، أي ما يعادل 20% من مجمل الطاقة المُوّلدة في المملكة بحلول 2040م

والمبردة بالغاز ومفاعلات تقنية سمارت، وهي من تقنيات الجيل الرابع الحديثة في المجال. ولقد وقعت مدينة الملك عبدالله للطاقة الذرية والمتجددة اتفاقية تعاونٍ مع معهد أبحاث الطاقة النووية الكوري بهدف تأسيس الشراكة في تقنية مفاعلات سمارت المدمجة وبناء القدرات البشرية.

### 3- دورة الوقود النووي:

يتمحور المكوّن الثالث حول إنتاج الوقود النووي وتحقيق الاكتفاء الذاتي في جانبي الخبرات والموارد، وذلك بتأهيل علماءٍ سعوديين والعمل على تدريبهم، وتطويرهم، وتوظيف خبراتهم المكتسبة في برامج تُسهم في توطين تقنيات إنتاج أوكسيد اليورانيوم وإعداد برامج الاستكشاف والتنقيب عن اليورانيوم والثوريوم في المملكة.



وقعت مدينة الملك عبدالله للطاقة الذرية والمتجددة اتفاقية تعاونٍ مع معهد أبحاث الطاقة النووية الكوري بهدف تأسيس الشراكة في تقنية مفاعلات سمارت المدمجة وبناء القدرات البشرية



### 4- التنظيم والرقابة:

يأتي المكون الرابع بالتوازي مع المكونات الثلاثة السابقة لتأكيد جانب الأمن والسلامة والحفاظ على البيئة وسلامة الأفراد، سواء العاملين في المنشآت أو الذين يسكنون في محيط المنشآت النووية، وذلك من خلال متابعة كميات الإشعاع وضمان عدم تجاوزها للجرعات الآمنة المعتمدة دولياً، وكذلك الحفاظ على سلامة المنشآت النووية والتأكد من استيفائها للمعايير الفنية والأمنية العالمية بدايةً من اختيار مواقع بنائها التي تضمن سلامتها خلال الكوارث الطبيعية كالزلازل والفيضانات، وانتهاءً بمتابعة نشاطها بشفافيةٍ عالية.

لتحقيق ذلك، سعت مدينة الملك عبدالله للطاقة الذرية والمتجددة إلى تأسيس الهيئة السعودية لتنظيم الطاقة الذرية: بوصفها هيئة رقابية مستقلة في عام 2014م[8]، وتبعها توقيع اتفاقيةٍ مع الهيئة الفنلندية للسلامة النووية والإشعاعية بهدف تدريب العاملين،

وإنشاء معايير السلامة. كما عُقدت اتفاقيةٌ أخرى في عام 2016م مع هيئة الأمن والسلامة النووية في كوريا الجنوبية، بهدف تعزيز التعاون في مجالات تنظيم السلامة النووية، والضمانات والحماية البدنية، والحماية من الإشعاع، والبحوث ذات الصلة والتي من شأنها خدمة المشروع الوطني للطاقة الذرية[9].

تُشكّل مسألة الأمن والسلامة الإشعاعية محوراً جوهرياً في مجال الاستخدام السلمي للطاقة الذرية بالمملكة، فعلى الرغم من جعل الطاقة النووية من أكثر المصادر صداقةً للبيئة بوصف أن التفاعل النووي نفسه لا يطلق الغازات الدفيئة، إلا أن نسبةً ضئيلةً من ثاني أوكسيد الكربون تنبعث من المنشآت النووية بطريقةٍ غير مباشرة خلال عمليات بناء المحطات وتفكيكها. كما أن خطر النشاط الإشعاعي ليس مرتبطاً بالحوادث النووية فقط، بل إن النفايات المشعة بذاتها تعد مشكلةً في كيفية التخلص منها وتخزينها، فمخلفات



إن فكرة أن المياه متوافرة – إذ تغطي نحو 70% من كوكب الأرض – خاطئة؛ لأن نسبة المياه العذبة تبلغ 2,5% فقط، وهذا المورد المحدود يجب أن يدعم حياة 9,7 مليار نسمة بحسب التوقعات عام 2050م

اليورانيوم غير المحوّل إلى جانب عناصر أخرى مثل البلوتونيوم والكوريوم تبقى مُشعةً لفترات طويلة جداً، كما أن محطات الطاقة ذاتها تتحول في نهاية الأمر إلى نفاياتٍ مُشعة عند انتهاء عمرها الافتراضي، ما يتطلب التخلص منها بعنايةٍ فائقةٍ[10].

لكن بالمقارنة مع المخاطر الأخرى الناتجة عن استهلاك الوقود الأحفوري والانبعاثات الناتجة عن احتراقه، نجد أن هناك تقارباً في نسب الخطر لكلٍ منهما، بل تُرجح الكفة أحياناً لمصلحة الطاقة النووية في كونها الأقل خطراً[11]، كما أن الاستفادة من الخبرات العلمية والتقنيات الحديثة بما فيها الذكاء الاصطناعي والروبوتات من شأنها أن تسهم في رفع مستوى السلامة



الاستفادة من الخبرات العلمية والتقنيات الحديثة بما فيها الذكاء الاصطناعي والروبوتات من شأنها أن تسهم في رفع مستوى السلامة وتحقيق أعلى مستويات الأمان النووي، والكفاءة، والاستدامة، والنمو الاقتصادي

وتحقيق أعلى مستويات الأمان النووي، والكفاءة، والاستدامة، والنمو الاقتصادي. ومن خلال تركيز العمل على ذلك ستصل المملكة العربية السعودية بلا شك إلى تحقيق رؤيتها في بناء «اقتصادٍ مزدهرٍ، استثماره فاعلٌ».



## المراجع

1- Mishkat. [Online] https://www.mishkat.org.sa/.

2- World Nuclear Association. [Online] Oct 2017. https://goo.gl/jQ94V3.

3- K.A.CARE. [Online] https://goo.gl/7uFjwe.

4- UNODA. [Online] http://disarmament.un.org/treaties/t/npt.

5- Saudi Press Agency. [Online] Mar 13. 2018. http://www.spa.gov.sa/1736445.

6- Jordan Wilkerson. Reconsidering the Risks of Nuclear Power. Harvard University. [Online] Oct 25. 2016. https://goo.gl/zDPeqZ/.



مع التقدم الصناعي والاجتماعي والثقافي تزداد الحاجة المستمرة إلى الطاقة، في ظل تخوُّف العالم من نضُوب مصادر الطاقة التي عرفها في القرن الماضي، من نفط وغاز وفحم حجري، وبدأت الأبحاث تسعى إلى الوصول إلى مصادر للطاقة البديلة المتجددة، منها: الطاقة الشمسية، وطاقة الرياح، وطاقة المياه المتحركة، وغيرها، وتبقى الأحدث والأوفر (مع اتخاذ احتياطات الأمان اللازمة) الطاقة النووية، وهي تلك الطاقة التي يجري توليدها من خلال انشطار أو اندماج أنوية الذرات، في المفاعِلات النووية، وفيه تُقذف نواة ذرة اليورانيوم المستخدم وقوداً في المفاعل بنيوترون حر، مما يؤدي إلى انشطار النواة وإطلاقها كمية هائلة من الطاقة، ويسمى هذا التفاعل بالانشطار النووي.

لاستخدام هذه الطاقة في الأغراض السلمية تُجرى عملية الانشطار داخل مفاعلات نووية، مع التحكم في سرعة التفاعل ومنع حدوث أي انفجار، وتنقسم المفاعلات النووية السلمية إلى نوعين: النوع الأول يتعلق بإنتاج الأشعة بكميات معينة وهو نوع خاص، والثاني يخص إنتاج الطاقة، وهذه المفاعلات لها عدة أنواع من بينها: مفاعلات الماء المغلي، ومفاعلات الماء الخفيف، ومفاعلات الماء الثقيل، ومفاعلات الماء المضغوط، وغيرها.

# الطاقة النووية..
# الاستخدامات والميزات والإيجابيات والسلبيات

د. محمد غزال

خبير اقتصادي





على مدار الخمسين عاماً المقبلة، سوف تستهلك البشرية طاقةً أكثر بكثير مما تم استهلاكه طوال القرن الماضي بأكمله. ولم تَصدُق التنبؤات السابقة بشأن نمو استهلاك الطاقة، لذلك جرى تطوير تقنيات جديدة لتوليد الطاقة لأن مستوى الاستهلاك ينمو بشكل أسرع بكثير، وستصبح مصادر الطاقة الجديدة في المتناول على نطاق واسع وبأسعار معقولة بحلول عام 2030. ويتجلى الآن عجز الوقود العادي أكثر من أي وقت سابق، كما تصبح فرص تشييد محطات توليد طاقة كهرومائية محدودة إلى حد كبير.

إن استخدام الطاقة النووية سمة للحضارة الحديثة، وهو مؤشر على تطور ثقافة الجنس البشري، وتدخل الطاقة النووية في الوقت الحالي في جميع الأنشطة الحياتية وأنشطتها الرئيسة مثل العسكرية والسياسية والاقتصادية والطاقة والعلمية والتقنية والبيئة والصحة والتعليم والاستقرار الاجتماعي، وبشكل عام في جميع الأنشطة الحياتية بما فيها الصناعة بكل أشكالها، وكثير من الاستخدامات الزراعية أيضاً.

## إيجابيات الطاقة النووية وسلبياتها

ما إيجابيات الطاقة النووية وسلبياتها على الأنشطة للحياة وعلى الإنسان نفسه؟

حينما يأتي الحديث عن الطّاقة النّوويّة بمساوئها ومزاياها يتبادر إلى الأذهان ما حصل من حوادث مؤلمة في هذا المجال. ففي عام 1986م وتحديداً في أوكرانيا تعرّض أحد المفاعلات النّووية إلى حادثة تسرّب إشعاعي ممّا أدّى إلى مقتل 31 شخصًا إضافةً إلى تعريض الآلاف إلى خطر الإصابة بالإشعاعات النّوويّة وما تسبّبه من تشوّهات وإعاقات. ولا يغيب عن الأذهان ما حدث في هيروشيما وناكا زاكي اليابانيّتين حينما أطلقت عليهما الطّائرات الأمريكيّة القنبلة الذّريّة الأولى



وما سبّبه ذلك من وقوع آلاف الضّحايا، وعلى الرّغم من الذّكريات المؤلمة في تاريخ المفاعلات النّوويّة إلاّ أنّ الطّاقة النّوويّة بشكلٍ عام لها مزاياها وسلبياتها.

## مزايا الطاقة النووية

❖ تتميّز الطّاقة النّوويّة بعدّة ميزات منها: سهولة توفّر المواد المستخدمة في المفاعلات النّوويّة وهي: عنصر اليورانيوم المشعّ وسهولة نقلها بخلاف مواد البترول والفحم التي تحتاج إلى صعوبة في استخراجها من باطن الأرض وتكريرها.

❖ تتميز الطاقة النووية بقدرة إنتاجية كبيرة في توليد الطاقة ونقلها، فالطّاقة النّووية التي تُنتج من طنٍ واحد من اليورانيوم تعادل ملايين الأضعاف من الطّاقة التي تنتج من قبل النّفط أو الفحم، كما أنّ المفاعلات النّوويّة لا تحتاج إلى مساحةٍ كبيرة كحال مشروعات توليد الطّاقة الشّمسيّة أو طاقة الرّياح.

❖ لا تسبّب الطّاقة النّوويّة انبعاث المواد المضرّة بالبيئة، مثل: ثاني أكسيد الكربون وثاني أكسيد الكبريت التي تنتج عن احتراق النّفط والفحم وما يسبّبه ذلك من مشكلات الاحتباس الحراري والمطر الحمضي وغير ذلك.



الطاقة النووية يجري توليدها من خلال انشطار أو اندماج أنوية الذرات، في المفاعِلات النووية، وفيه تُقذَف نواة ذرة اليورانيوم المستخدم وقوداً في المفاعل بنيوترون حر، مما يؤدي إلى انشطار النواة وإطلاقها كمية هائلة من الطاقة



❖ قابلية إعادة الاستخدام: فلا يحترق اليورانيوم المستخدم في المفاعلات النووية المولدة للطاقة بالكامل في الوقود النووي، ويمكن إعادة استخدامه بعد المعالجة، وفي المستقبل يمكن الانتقال الكامل إلى دورة وقود مغلقة (أي دون فاقد).

❖ تقليل الانبعاثات: تسهم محطات الطاقة النووية في أوربا كل عام بتجنب انبعاث 700 مليون طن من غاز ثاني أكسيد الكربون، كما تجنب محطات الطاقة النووية العاملة في روسيا انبعاث 210 ملايين طن من غاز ثاني أكسيد الكربون سنوياً إلى الغلاف الجوي.

❖ التطور الاقتصادي: يساهم استخدام الطاقة النووية في سرعة التطور الاقتصادي نتيجة نمو البحث العلمي والقدرات الفكرية، كذلك يساهم في خلق فرص عمل متعددة، ومن المؤشرات المهمة التي يؤثر فيها استخدام الطاقة النووية، نوعية الحياة نفسها كمتوسط الأعمار المتوقعة، ومستوى التعليم والصحة، ومستوى




العلم والثقافة، والاستقرار الاجتماعي، والرضا عن نوعية الحياة، والبيئة النظيفة والمياه، فالإنسانية بحاجة إلى ثقافة عالية من نوعية الحياة في حضارة تكنولوجية متجانسة. وتبقى الصلة وثيقة جداً بين هذه المفاهيم واستخدام الطاقة النووية.

ويشكل الاستخدام السلمي لمصادر الطاقة النووية أساس الإنتاج الصناعي والحياة في كثير من بلدان مثل فرنسا واليابان وألمانيا والمملكة المتحدة والولايات المتحدة وروسيا، في الوقت الذي تسعى فيه معظم دول العالم الأخرى إلى امتلاك الطاقة النووية السلمية، كما في الجزائر وإيران (التي تخفي حقيقة نشاطها النووي) والسعودية التي بدأت عهدها النووي. ويهدف إنتاج الطاقة النووية في معظمه إلى تلبية احتياجات المنتجات الصناعية، خاصة صناعة السيارات، والإنتاج العسكري، والمعادن، والصناعات الكيماوية، ومجمعات النفط والغاز ... إلخ.

## مساوئ استخدام الطاقة

بدأ التأثير الواعي للإشعاع الاصطناعي والطبيعي في المكونات الفردية لنوعية الحياة، (وإن كان ذلك على نطاق صغير)، مباشرة بعد اكتشاف رونتجن للأشعة السينية في عام 1895 و آ. بيكيريل للنشاط الإشعاعي الطبيعي في عام 1896. ومن مساوئ الطّاقة النّوويّة المعروفة والتي لا تخفى على أحد، وأهمّها المخاوف من تسرّب الإشعاعات النّوويّة من المفاعلات النّوويّة، كما حدث في أوكرانيا في حادثة تشرنوبيل وأماكن أخرى. وعلى الرغم من ذلك فقد كانت الاستخدامات الأكثر في البحوث العلمية والطبية السباقة في استخدام الطاقة النووية بحيث:

❖ أصبحت السلامة النووية وحماية البيئة والإنسان من خطر تسرب المواد المشعة من مفاعلات إنتاج الطاقة النووية، هاجساً يتخوف منه الكثير من الناس، ودعاة حماية البيئة والطبيعة، ويستشهدون بما حصل خلال عدد من الحوادث النووية المعروفة،

تنقسم المفاعلات النووية السلمية إلى نوعين: النوع الأول يتعلق بإنتاج الأشعة بكميات معينة وهو نوع خاص، والثاني يخص إنتاج الطاقة، وهذه المفاعلات لها عدة أنواع

❖ كما أنّ هناك صعوبة في التّخلص من النّفايات النّوويّة، خاصة تلك التي تحتوي على نسبة إشعاعات كبيرة والتي لا يمكن تجاهلها، لذلك تلجأ الدّول المتقدّمة إلى دفنها في طبقات جيولوجيّة آمنة بحيث لا يصل تأثيرها إلى الإنسان.

❖ تخوّف كبير من احتمالات التسرب الإشعاعي من المفاعلات في أثناء التشغيل أو الحوادث مما قد يدمر كل أشكال الحياة في منطقة الإشعاع.

❖ التكلفة المالية باهظة الثمن خاصة لتلك المحطات طويلة الأمد.

❖ حاجتها إلى كميات مياه ضخمة تستخدم في المفاعل النووي للتبريد.

❖ احتمالية التسرب والانهيارات للمفاعل النووي في حال وجود أية أخطار زلزالية.



تتميّز الطّاقة النّوويّة بعدّة ميزات منها: سهولة توفّر المواد المستخدمة في المفاعلات النّوويّة وهي: عنصر اليورانيوم المشعّ وسهولة نقلها بخلاف مواد البترول والفحم

## حجم استثمارات الطاقة النووية في الشرق الأوسط




الأخضر: مشغّل مفاعل بوشهر الإيراني

البرتقالي: قيد البناء قصر عمرة بالأردن أم عويد بالخليج العربي خور كويهين بالخليج العربي

البني: مخطط بركة بالخليج العربي -ككويو بتركيا

كشف مكتب معلومات الطاقة الأمريكية (EIA) في أوائل شهر مارس 2018 عن توقع دوري آخر لتطور الطاقة النووية في منطقة الشرق الأوسط. ووفقاً لهذه التوقعات، ستزداد طاقة توليد الطاقة النووية في الشرق الأوسط من 3.6 جيجاوات هذا العام إلى 14.1 جيجاوات في عام 2028. وجاء هذا التوقع على أساس تقييم كل من المشروعات الجارية لبناء وحدات جديدة للطاقة النووية، ومن الاتفاقات التي أبرمت أخيراً، بين دول الشرق الأوسط وموردي التكنولوجيا النووية. مع الإشارة إلى أن المملكة العربية السعودية، أعلنت عن نيتها في عام 2020 للبدء في بناء محطة لإنتاج 5.4 جيجاوات من الطاقة المولدة. ويقول تقرير إدارة معلومات الطاقة إن «تطوير الطاقة النووية في الشرق الأوسط يرجع في الأساس إلى حقيقة أن دول المنطقة تسعى جاهدة لتحسين أمن الطاقة من خلال تقليل الاعتماد على موارد الوقود المستخرج من الارض». ووفقاً لتقديرات الخبراء، فإن الوقود المستخرج في



الوقت الحالي يمثل 97٪ من إنتاج الكهرباء في المنطقة، والتي يبلغ فيها الغاز الطبيعي 66٪، والنفط 31٪، ونسبة الـ 3٪ المتبقية تقع على مصادر الطاقة النووية والطاقة المائية ومصادر الطاقة المتجددة الأخرى، من هنا بدأ التفكير الجدي في الانتقال إلى الطاقة النووية نتيجة لزيادة الطلب العالي على الطاقة نتيجة لمتطلبات الصناعة والأنشطة الأخرى.

## واقع استخدام الطاقة النووية للأغراض السلمية

يتعرض الاستخدام السلمي للطاقة النووية إلى شبهات تؤدي إلى نزاعات مختلفة تحدث بشكل دوري في البلدان المختلفة لأسباب عسكرية وسياسية واقتصادية وهذه الأسباب تنجم عن تضارب مصالح مختلفة بين الشركات الوطنية والدولية ذات النفوذ السياسي والتي تمتلك التجمعات الصناعية العسكرية التي تهدف إلى استمرار سيطرتها ونفوذها على البلدان الطامحة إلى امتلاك الطاقة النووية، كما تنشأ الصراعات أحياناً تحت تأثير الحوادث النووية وما يصحبها من اعتراضات من السكان والمنظمات العامة. ومن المفيد ذكره أن بعض الدول تخفي استخداماتها غير السلمية للطاقة النووية تحت غطاء الاستخدام السلمي، مخالفةً بذلك الاتفاقات الدولية الناظمة مما يغذي هذه الصراعات، ولذلك أسست المنظمة العالمية لمنع انتشار الأسلحة النووية التي تراقب الأنشطة النووية لبعض



الطّاقة النّووية التي تُنتج من طنٍ واحد من اليورانيوم تعادل ملايين الأضعاف من الطّاقة التي تنتج من قبل النّفط أو الفحم، كما أنّ المفاعلات النّوويّة لا تحتاج إلى مساحةٍ كبيرة



الرياض تتجه لبناء أول محطة للطاقة النووية وخمس دول مرشحة للفوز بالعقد

الدول، دون إخفاء الطابع السياسي أو العسكري المهيمن على هذه المنظمة واستغلالها من قبل الدول الكبرى تحقيقاً لمصالحها، وهذا ما ينطبق على باقي المنظمات الدولية الأخرى في المجالات كافة.

## توجهات المملكة العربية السعودية لاستخدام الطاقة النووية

تشهد المملكة العربية السعودية نمواً متسارعاً وتزايداً في الطلب على الكهرباء والمياه المحلاة، ومع ارتفاع معدل النمو السكاني يتزايد استهلاك الكهرباء والمياه المحلاة ذات التكلفة المنخفضة. ووفقاً للتقديرات الحكومية فإن الطلب المتوقع على الكهرباء في المملكة سيتعدى 120 جيجا واطاً بحلول عام 2032. لذلك وما لم يتم إنتاج طاقة بديلة وتطبيق أنظمة للحفاظ على مصادر الطاقة، فإن إجمالي الطلب على الوقود الخام لإنتاج الطاقة والصناعة والنقل وتحلية المياه سيرتفع بما يعادل 3.4 مليون برميل في عام 2010 إلى ما يعادل 8.3 مليون برميل من النفط المكافئ يومياً بحلول عام 2028.



تسهم محطات الطاقة النووية في أوربا كل عام في بتجنب انبعاث 700 مليون طن من غاز ثاني أكسيد الكربون، كما تجنب محطات روسيا انبعاث 210 ملايين طن من هذا الغاز

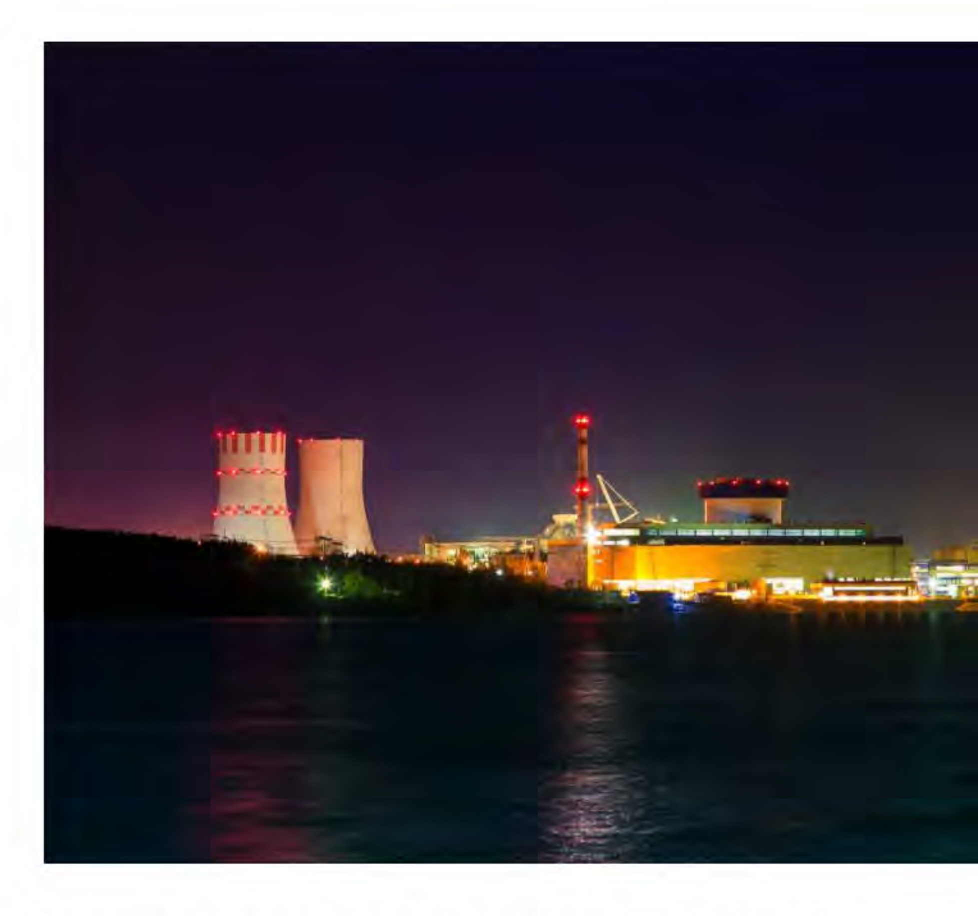
## المشروع الوطني للطاقة الذرية في المملكة

نتيجة لتزايد الطلب على الطاقة بكل أنواعها في المملكة وبهدف إيجاد مزيج من الطاقات المختلفة وتوفير مصدر مستدام وقليل التكلفة وبهدف إدخال الطاقة الذرية السلمية في مزيج الطاقة الوطني وفقاً للمتطلبات المحلية مع الحفاظ على الالتزامات الدولية، وبهدف توفير متطلبات التنمية الوطنية المستدامة بما يتطابق



مع رؤية المملكة الطموحة حتى عام 2030 فقد أُنشئ «المشروع الوطني للطاقة الذرية»، الذي يهدف إلى إدخال المملكة في المجال النووي السلمي مما سيحقق لها تأمين مستقبل آمن ومستدام للطاقة، وبناء عليه فقد قامت إدارة المشروع بطلب استدراج عروض لبناء محطتين نوويتين إذ تقدمت خمس دول بطلب المشاركة في بناء المفاعلات النووية في المملكة هي الصين وكوريا الجنوبية وفرنسا والولايات المتحدة وروسيا التي من المتوقع أن

يساهم استخدام الطاقة النووية في سرعة التطور الاقتصادي نتيجة نمو البحث العلمي والقدرات الفكرية، كذلك يساهم في خلق فرص عمل متعددة



تبدأ في وقت مبكر من عام 2019م بعد إجراء مسوحات هندسية نصف سنوية لبناء محطة الطاقة النووية. ووفقاً لصحيفة سبوتنيك الروسية بتاريخ 15 يناير 2018م، فإنه خلال شهرين سيجري اختيار منفّذ العقد لبناء محطة نووية في المملكة العربية السعودية، والتي سيُوقع عقد بنائها بحلول نهاية عام 2018م. وأكدت أن المركز اختار مكانين في المملكة سيتم تقديمهما لبناء المحطة النووية أحدهما يعد الموقع الرئيس، والآخر يعد احتياطياً.

وقال المدير العام لمؤسسة «روس آتوم» الروسية للطاقة النووية، أليكسي ليخاشيف، في وقت سابق، إن روسيا تتفاوض مع الشركاء السعوديين على خط كامل، بدءاً من البناء المحتمل لمحطة كبيرة وقوية مع كفاءات تحلية المياه وانتهاءً بالمشروعات المحتملة في مجال المصادر المتوسطة والصغيرة، بما في ذلك العائمة. مضيفاً أن «روس آتوم» أرسلت مقترحاتها إلى الجانب السعودي حول بناء محطة للطاقة النووية.



تزايد الطلب على مصادر الطاقة أخيراً بشكلٍ مطردٍ حول العالم، وأصبحت الحاجة إلى مصادر طاقةٍ بديلةٍ ملحةً أكثر مما سبق، وهذا ما جعل كثيراً من الدول تلتفت إلى إنتاج الطاقة من مصادر بديلةٍ مختلفةٍ، وتشكل الطاقة النووية أحد أهم هذه البدائل النظيفة.

ولكن صعوبة امتلاك هذه التقنية كانت سبباً وراء تأخر كثير من الدول في تبني استخدامها، كما أن هناك قلقاً دولياً مستمراً من إمكانية استخدامها لأسبابٍ حربيةٍ أو مخاطرها المرتبطة بالكوارث الناتجة من عدم التزام أعلى معايير السلامة عند إنتاجها. وللحد من هذه المخاوف، اتفق عدد من الدول على إبرام اتفاقيات ومعاهداتٍ دولية تنظم استخدام الطاقة النووية وإنتاجها، إلا أن تقدم تقنياتنا الحالية ونمو السكان وتدهور الأوضاع البيئية والاحتباس الحراري زادت الحاجة إلى إيجاد مصدر طاقةٍ آمنٍ، وبديل عن النفط والوقود الأحفوري، ومع ذلك، فيمكن للدول التي وقعت على المعاهدة الدولية للحد من انتشار الأسلحة النووية فحسب الحصول على البلاتونيوم أو اليورانيوم اللازم لإنتاج الطاقة النووية، الأمر الذي يحتاج إلى توفير تقنياتٍ متقدمة.

# استخدامات الطاقة النووية.. أين العرب منها؟



عبدالحميد حسين شكري

قسم الفيزياء - جامعة الملك عبدالعزيز



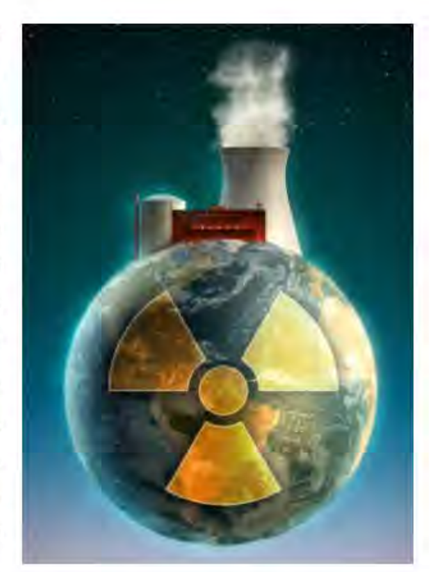


على الرغم من أن تطوير تقنيات الطاقة النووية في بادئ الأمر كان هدفه بناء أسلحة فتاكة للحرب العالمية الثانية، إلا أن الولايات المتحدة الأمريكية شجّعت تطوير مفاعلات نووية للاستخدامات السلمية بعد الحرب، وفي عام 1951م جرى إنتاج طاقة كهربائية من الطاقة النووية أول مرة، تبعها إنتاج الطاقة الكهربائية للاستخدام التجاري أول مرة أيضاً في عام 1957م، إذ كانت تلك الشرارة التي شجّعت على استمرار تطوير المفاعلات النووية لإنتاج الطاقة الكهربائية كمصدر طاقة نظيف ومستدام، وأصبحت اليوم أساساً لتطوير الكثير من الأبحاث حول العالم في مجالات كالطب والصناعة.

## الطاقة النووية السلمية

كان أول تطبيق استُخدمت فيه الطاقة النووية سلمياً هو إنتاج الطاقة الكهربائية، إذ إن الاتحاد السوفييتي كان أول من قام ببناء مفاعل نووي تجاري خاص بإنتاج الطاقة الكهربائية في عام 1954م، وتبعتها بريطانيا في 1956م. ومنذ ذلك الحين، توسع استخدام الطاقة النووية ليغطي أكثر من 16٪ من الاحتياج العالمي، فاليابان وحدها تعتمد على الطاقة النووية لإنتاج نحو 30% من احتياجها من الطاقة الكهربائية، تتبعها دولٌ ككوريا الجنوبية وبلجيكا وبلغاريا والمجر والسويد وغيرها باعتمادها على الطاقة النووية لسد نحو 20% من حاجتها إلى الطاقة الكهربائية، وقد يكون أهم استخدام لهذا المجال هو إنشاء محطات طاقة نووية لتوليد الطاقة لمحطات تحلية المياه، خصوصاً في المناطق التي يصعب إمدادها بالطاقة، وعلى الرغم من أن هذا هو أكثر الاستخدامات شهرةً للطاقة النووية، إلا أن هذا ليس مجال استخدامها الوحيد.

في عام 1946م، برز تخصصٌ جديدٌ في مجال الطب يُعرف بالطب النووي، وهو تخصصٌ يعتمد بشكلٍ



أساسي على استخدام موادٍ مشعة لتشخيص الأمراض وعلاجها، ولقد شكل هذا محطةً رئيسة في تطور مجال الطب والعلاج، وساهمت المعرفة بالطاقة النووية في تطوير تقنياتٍ طبية كثيرة، مثل التصوير بالأشعة، علاج الأمراض السرطانية، تعقيم الأدوات الطبية، وغيرها.



الاتحاد السوفييتي كان أول من قام ببناء مفاعلٍ نوويٍ تجاريٍ خاصٍ بإنتاج الطاقة الكهربائية في عام 1954م، وتبعتها بريطانيا في 1956م. ومنذ ذلك الحين، توسع استخدام الطاقة النووية ليغطي أكثر من 16٪ من الاحتياج العالمي

كما يعتمد عدد من المزارعين حول العالم أيضاً على الطاقة النووية في عملهم، إذ يستخدمون الإشعاع للحد من نمو الأعشاب الضارة وتكاثر الآفات، وحتى لحماية المحاصيل وتعقيمها وقتل البكتيريا فيها. وتستخدم الطاقة النووية بشكلٍ كبيرٍ في مجال استكشاف الفضاء، فقد مكنت العلماء من إرسال مركباتٍ فضائية بمحركات قادرةٍ على العمل لمدةٍ طويلة، وقد تم استخدامها لتوليد طاقة محركات أكثر من 27 بعثة فضائية خلال الأعوام السابقة، أهمها مركبة فوياجر 1 التي أرسلت في سبعينيات القرن الماضي إلى الفضاء العميق، بالإضافة إلى المركبة الاستكشافية الجوالة كيوريستي التي تعمل على المريخ حالياً، والتي تستخدم محرك طاقة نووية خاصاً لتشغيل معداتها. وأحد أوسع الاستخدامات للطاقة النووية هو الاستخدام في المجال الصناعي، والذي يمكن العاملين من ضبط جودة المنتجات، وإجراء العمليات الصناعية بكفاءةٍ.

## الطاقة النووية في الدول العربية

في ظل التطور المستمر للتقنيات وتزايد المخاوف من انخفاض منسوب مصادر الطاقة التقليدية الاحتياطية ونضوبها، يسعى عدد من الدول العربية للشروع في استخدام الطاقة النووية لمواجهة هذا التحدي، إذ شرعت أكثر من 45 دولةً حول العالم في الدخول إلى مجال إنتاج الطاقة النووية لأهدافٍ سلمية، وتشمل دولاً ذات اقتصادٍ متقدم إلى دولٍ نامية، إذ إن بولندا، وتركيا، والإمارات على رأس هذه القائمة، إلا أن هذا لا يعني بالضرورة أن تساهم هذه الدول في تطوير هذا المجال بشكلٍ كبير، فتأسيس البنى التحتية يأتي من الدول التي تمتلك التقنيات التي تمكنها من تشغيل المفاعلات النووية بالفعل، بدلاً من تأسيس الدول التي تحتاج إلى امتلاك هذه التقنيات بنيتها من الصفر.



أدى التوسع الحضري في الدول النامية إلى زيادة الطلب على الطاقة الكهربائية لتغطية هذا الاحتياج، ففي الشرق الأوسط اتفقت دول التعاون الخليجي الست في عام 2006م على التعاون مع الوكالة الدولية للطاقة الذرية لعمل دراسة جدوى لبرنامج الطاقة النووية والتحلية الإقليمي، الذي بدأ حيز التشغيل في عام 2009م. وسنطرح هنا بعض الأمثلة على جهود الدول العربية في بناء برامج نووية خاصة بها:

**الإمارات:**

نشرت الإمارات العربية المتحدة في عام 2008م بشكلٍ مستقل سياستها الخاصة لتحديد استخدام وتطوير الطاقة النووية لتدارك ارتفاع الطلب على الطاقة الكهربائية، وهذا ما ساعد على إنشاء منظمة لتنفيذ برنامج الطاقة النووية الذي شكل حجر أساسٍ لمؤسسة الإمارات للطاقة النووية وانطلاقها ككيانٍ مستقلٍ بتمويلٍ مقداره 100 مليون دولارٍ، سعياً إلى بناء وتنفيذ مشاريع نووية في دولة الإمارات، بدءاً بتنفيذ مشروع براكة للطاقة النووية، وهي أولى محطات الطاقة النووية الإماراتية.

وقعت الولايات المتحدة وكوريا الجنوبية اتفاقياتٍ تعاونيةً مع الإمارات في عام 2009م لإنتاج الطاقة



يعتمد عدد من المزارعين حول العالم أيضاً على الطاقة النووية في عملهم، إذ يستخدمون الإشعاع للحد من نمو الأعشاب الضارة وتكاثر الآفات، وحتى لحماية المحاصيل وتعقيمها وقتل البكتيريا فيها

> أحد أوسع الاستخدامات للطاقة النووية هو الاستخدام في المجال الصناعي، والذي يمكن العاملين من ضبط جودة المنتجات، وإجراء العمليات الصناعية بكفاءة

النووية، كما وقعت اليابان والمملكة المتحدة مذكرات تفاهم للتعاون مع الإمارات في مجال الطاقة النووية، وتخطط الإمارات العربية المتحدة لبناء أربع محطات طاقة نووية بسعة 1400 ميجاواط بحلول عام 2020م، وأن تكون مسؤولةً عن توفير الطاقة بربع التكلفة التي يحتاج إليها إنتاج الطاقة من الوقود الأحفوري، إذ إن الإمارات اليوم تعتمد على الغاز في إنتاج أغلب احتياجها من الكهرباء، كما تحرص الإمارات على اتباع أعلى المعايير في السلامة والأمن والشفافية والمسؤولية في مشاريعها الحالية والمستقبلية للطاقة النووية.

**مصر:**

اهتمت مصر بمشروعات الطاقة النووية السلمية منذ ستينيات القرن الماضي، إذ أنشأت هيئة الطاقة الذرية في عام 1955م، ومن ثم أنشأت هيئة المحطات النووية في عام 1976م، وزاد قلق مصر من مستقبل الطاقة لديها في السنوات الأخيرة مع زيادة الطلب على الطاقة واعتمادية مصر الكبيرة على الغاز كمصدر طاقةٍ رئيس. وفي عام 2015م وقعت مصر اتفاقيةً نوويةً مع روسيا لبناء أربعة مفاعلاتٍ نوويةٍ روسيةٍ بقوة 1200 ميجاواط في سبيل تنفيذ البرنامج النووي المصري. وتهتم هيئة المحطات النووية اليوم بتطبيقات الطاقة النووية السلمية كإنتاج الطاقة وتحلية المياه. وتسعى الهيئة إلى تحقيق خططها الخاصة بالمشروعات النووية على الرغم من التحديات التي تواجهها اليوم في توعية الناس وكسب قبولهم للمشروع، إضافة إلى تدريب مواردها البشرية، وتزويد غير المختصين بمعلوماتٍ واضحةٍ حول هذا المجال.

**الأردن:**

بعكس دول الخليج، تستورد المملكة الأردنية 95% من احتياجها من الطاقة من الخارج، وتقوم بتوليد الطاقة من الغاز الطبيعي، وفي عام 2008م افتتحت الأردن هيئة الطاقة الذرية الأردنية التي أنشئت لاستغلال التقنية النووية السلمية وتنميتها في الأردن، وتهتم الهيئة بتحلية المياه بالمفاعلات النووية وإنشاء محطة طاقة نوويةٍ لتوليد الكهرباء، واستغلال الثروات النووية الطبيعية كاليورانيوم، كما تركز الأردن على تأهيل كوادر وموارد بشريةٍ قياديةٍ لمختلف المجالات النووية عن طريق البعثات والمنح والندوات وغيرها.

## المصادر


https://www.lebarmy.gov.lb/ar/content/الاستخدام-المدني-والعسكري-للطاقة-النووية

http://www.world nuclear.org/information library/country profiles/others/emerging nuclear energy countries.aspx

https://www.enec.gov.ae/ar/discover/nuclear energy in the uae/

http://www.bbc.com/arabic/business 41388121

http://www.nawah.ae/ar/index.html

https://goo.gl/yPK1Rt

http://www.world nuclear.org/information library/country profiles/countries t z/united arab emirates.aspx

https://goo.gl/YjBv6t

http://www.nppa.gov.eg/ar eg/Pages/Default.aspx

http://www.world nuclear.org/information library/country profiles/countries a f/egypt.aspx

https://goo.gl/bqQHiY

https://goo.gl/sb8KSS



شكلت الثورات الصناعية المتتالية محطات تحول أساسية في تاريخ البشرية، ابتداءً بالثورة الصناعية الأولى التي انطلقت باستخدام الفحم الحجري مصدراً لإنتاج الطاقة، وصولاً إلى الثورة الصناعية الرابعة التي تتمثل في أتمتة القطاعات الصناعية، واستخدام الآلات والتقنيات المتطورة لإدارتها وتشغيلها، كالذكاء الاصطناعي، والبيانات الضخمة، وإنترنت الأشياء، والحوسبة السحابية، وغيرها.
ولكن على الرغم من التغييرات التي تعدنا بها هذه العملية والإمكانات الجديدة التي تفتح لنا أبوابها، إلا أن الثورات الصناعية المتتابعة تسببت في أضرار جانبية لم يتوقعها أحد قبل مئتي عام، إذ أدى حرق الوقود الأحفوري لقرنين كاملين إلى إطلاق الغازات المسببة للاحتباس الحراري من مكامنها تحت الأرض إلى الجو، وإحداث ارتفاع حاد في مستويات غاز ثاني أكسيد الكربون بالخصوص، وهذا ما يشكلُ خطراً كبيراً على مستقبل هذا الكوكب كله وساكنيه، إذ إن متوسط معدل غاز ثاني أكسيد الكربون في الجو قبل الثورة الصناعية كان يُقدر بـ280 جزءاً من المليون، ولكنه وصل اليوم إلى أعلى من 400 جزء في المليون، وهو أعلى بـ100 مرة من معدل ارتفاعه خلال 800 ألف عام الماضية.

# الانعكاسات البيئية للطاقة النووية

فاطمة محمد باعرام

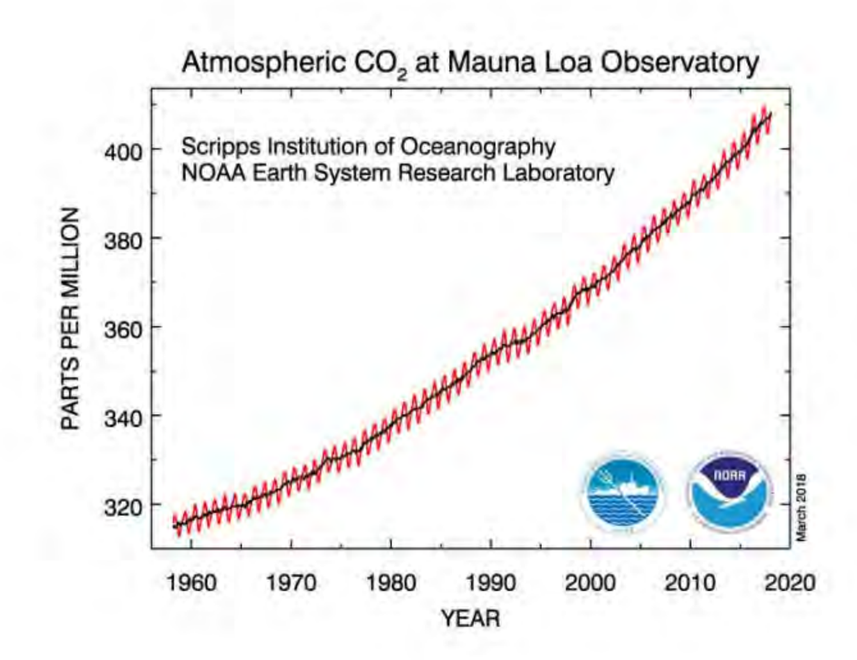
الجامعة العربية المفتوحة
تقنية المعلومات والحوسبة



إن صنعنا واستخدامنا للمنتجات التقنية يتطلبان استهلاك كميات كبيرة من الطاقة، ما دفعنا إلى إيجاد طرائق تمكننا من حصد كميات أكبر منها بتكلفة أقل، ولقد بدأ مشوار استهلاكنا للطاقة مع الفحم والغاز اللذين يخلفان كميات كبيرةً من غاز ثاني أكسيد الكربون في الجو، وهذا ما أدى إلى تفاقم ظاهرة الاحتباس الحراري التي بدأت تبعاتها في الظهور بالفعل، فحرائق الغابات المتكررة، وفترات الجفاف الطويلة، والعواصف الموسمية الشديدة، وحتى موجات الحر المرتفعة لن تكون ظواهر غير معتادة بعد الآن، فالجليد في القارتين القطبيتين بدأ في الذوبان والتقلص، ومنسوب مياه البحر بدأ في الارتفاع.

هذا من دون ذكر تأثير الاحتباس الحراري في الحياة الفطرية، إذ بدأت معدلات أعداد الحيوانات والنباتات وأساليب حياتها في التغير، وانها لمسألة وقت فحسب قبل أن تتفاقم التأثيرات، وتستمر في التضاعف أكثر حتى تصبح أغلب مناطق الأرض غير قابلة لدعم الحياة، وستقل موارد البشر من الماء الصالح للشرب والغذاء، وستزيد فترات الجفاف وحدة الظواهر الطبيعية.

طرح عدد من العلماء نماذج مختلفة للتعامل مع ظاهرة الاحتباس الحراري منذ ملاحظة ظهورها أول مرة، فمنهم من فكر في تحسين فاعلية عملية الإنتاج لتقليل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من جهة، أو العثور على مصادر أخرى للطاقة النظيفة التي لا تعتمد على حرق





الوقود الأحفوري، ومنهم من ركز في الجانب الآخر من المعادلة بتطوير تقنيات تحبس ثاني أكسيد الكربون وتخزنه بعيداً بمعزلٍ عن الجو. في هذه النقطة، برزت الطاقة النووية كمرشحٍ بديلٍ وقويٍ لمصادر الطاقة التقليدية، إذ تشكل حلاً جزئياً لتبطئ عملية الاحتباس الحراري لكونها خاليةً من انبعاثات الكربون، إلا أن الدراسات تشير إلى أننا بحاجةٍ إلى توليد 80% من الكهرباء التي يحتاج إليها العالم بالطاقة النووية لنصل إلى تلك المرحلة، في حين أن المستوى الفعلي حالياً ما زال متأخراً كثيراً عن ذاك الطموح بمعدل 20% فقط.

## لماذا الطاقة النووية بالتحديد؟

هناك عدد من الطرائق المقترحة لإنتاج الكهرباء بشكلٍ نظيف، ولكلٍ منها آثارٌ بيئيةٌ إيجابيةٌ أو سلبية بناءً على تكلفة إنتاجها وتشغيلها، إلا أن الطاقة النووية أثبتت جدارتها؛ بوصفها أكبر مصدرٍ للطاقة النظيفة اليوم، وهي إحدى طرائق إنتاج الكهرباء المستديمة التي لا تبعث كمياتٍ كبيرةً من الكربون في الجو، كما أنها اقتصاديةٌ من حيث التكلفة مقارنةً مع كمية الطاقة التي تنتجها، فكيلوجرام واحد من اليورانيوم ينتج طاقةً أكبر بمليوني مرةٍ من كيلوجرام من الفحم. وتنتج الطاقة الكهربائية من المصادر النووية عبر عملية لا تتضمن حرق الوقود، بل تستخدم الطاقة الناتجة عن انقسام اليورانيوم في عملية الانشطار النووي لتوليد بخارٍ ساخنٍ قادرٍ على تحريك التوربين المولد للكهرباء، وتكون هذه المفاعلات مصممةً عادةً لتحافظ على سلسلةٍ مستمرةٍ من عمليات الانشطار النووي.

تقدم الطاقة النووية حلاً تعتمده بعض مدن الولايات المتحدة مصدراً أساسياً للطاقة بالفعل، وهي مفتاح المستقبل التقني والمحرك الأول لمزيج طاقةٍ أفضل. فإضافة إلى توليدها الكهرباء لملايين الأشخاص حول العالم، ستقدم الطاقة النووية فوائد عديدة للدولة ككلٍّ، كإيجادها للملايين من الوظائف التي تدر المليارات على المواطنين سنوياً، والمحافظة على مستوى تقني متطور لكامل الاقتصاد الوطني، ويمكن أن تكون من أهم عوامل

أصيب فاميجليتي، وهو أحد كبار علماء المياه بجامعة كاليفورنيا بالذهول عندما رأى أن ولاية كاليفورنيا على شفا حفرة من الجفاف لانخفاض منسوب مياهها الجوفية بنحو كبير لدرجة إمكانية تحديده بالقمر الاصطناعي من على بعد 400 كيلومتر في الفضاء!

ازدهار الدول النامية. ولكن لا يمكننا في الوقت نفسه التغاضي عن الآثار السلبية التي قد تحملها تقنيات كهذه على الجانب الآخر، فلربما تكون ذات مضار أكبر مما نتوقع، خاصة مع سجل استخدامنا للطاقة النووية بشكل عام عبر العقود الماضية.

## الجانب المظلم للطاقة النووية

تنتج المفاعلات النووية عند عملها مخلفات مشعةً خطيرةً ما زال العلماء يبحثون عن طرائق فاعلة للتخلص منها، وهي مصدرٌ لقلق الحكومات على المستوى العالمي، إذ تبقى مشعةً ونشطةً لمئات الآلاف من السنين، ويعدّ كثير من المقترحات التي قُدمت للتخلص منها حتى الآن طرائق مؤقتةً في أغلب الأحوال، ولا يمكن أن ننسى كذلك أن التاريخ الحديث يحكي لنا عن كثير من الحوادث الكارثية التي تسببت بها الطاقة النووية، بدءاً باستخدامها لتطوير الأسلحة النووية.

الثورات الصناعية المتتابعة تسببت في أضرار جانبية لم يتوقعها أحد قبل مئتي عام، إذ أدى حرق الوقود الأحفوري لقرنين كاملين إلى إطلاق الغازات المسببة للاحتباس الحراري من مكامنها تحت الأرض إلى الجو، وهذا ما يشكلُ خطراً كبيراً على مستقبل هذا الكوكب كله

ففي عام 1945م، فُجرت أول قنبلة نووية تجريبية في الولايات المتحدة الأمريكية تحت مظلة مشروع منهاتن في صحراء جورنادا ديل ميرتو، ولا تزال تلك المنطقة الجرداء تحتوي على إشعاعات نووية من بقايا ذلك الانفجار حتى اليوم، وفي العام نفسه وخلال الحرب





العالمية الثانية ألقت الولايات المتحدة أول قنبلة نووية حربية على مدينة هيروشيما اليابانية ومدينة ناجازاكي بعدها بأيام، لتتسببا في مقتل ما لا يقل عن 130 ألف شخص من المدنيين الأبرياء.

على الرغم من كون قنبلتي هيروشيما وناجازاكي الاستخدام الوحيد للأسلحة النووية في المجال الحربي

> طرح عدد من العلماء نماذج مختلفة للتعامل مع ظاهرة الاحتباس الحراري منذ ملاحظة ظهورها أول مرة، فمنهم من فكر في تحسين فاعلية عملية الإنتاج لتقليل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من جهة، أو العثور على مصادر أخرى للطاقة النظيفة

في التاريخ، إلا أن السنوات التي تبعت الحرب العالمية الثانية شهدت إجراء نحو 57 تفجيراً نووياً آخر، ما بين أبحاث وتجارب فاشلة.

كما تسببت الطاقة النووية في عدة كوارث نتيجةً للتسرب الإشعاعي أو انفجار المفاعلات، وكانت أبرز هذه الكوارث كارثة مفاعلات تشرنوبل التي وقعت عام 1986م نتيجةً لأخطاء تقنية، إذ انفجر مفاعلٌ نوويٌّ في مدينة تشرنوبل الأوكرانية وتسبب في مقتل 36 شخصاً وإصابة أكثر من ألفي شخص وإطلاق غيمة من المواد المشعة في الجو، لتعلن السلطات بعدها أن مدينة تشرنوبل منطقةٌ منكوبةٌ وتُجلي 100 ألف شخص منها والمناطق المحيطة بها، ثم جرت عملياتٌ متتاليةٌ لتغطية المفاعل لمنع التسرب الإشعاعي الذي تسبب في مقتل كثير من الأشخاص بعد الحادثة.

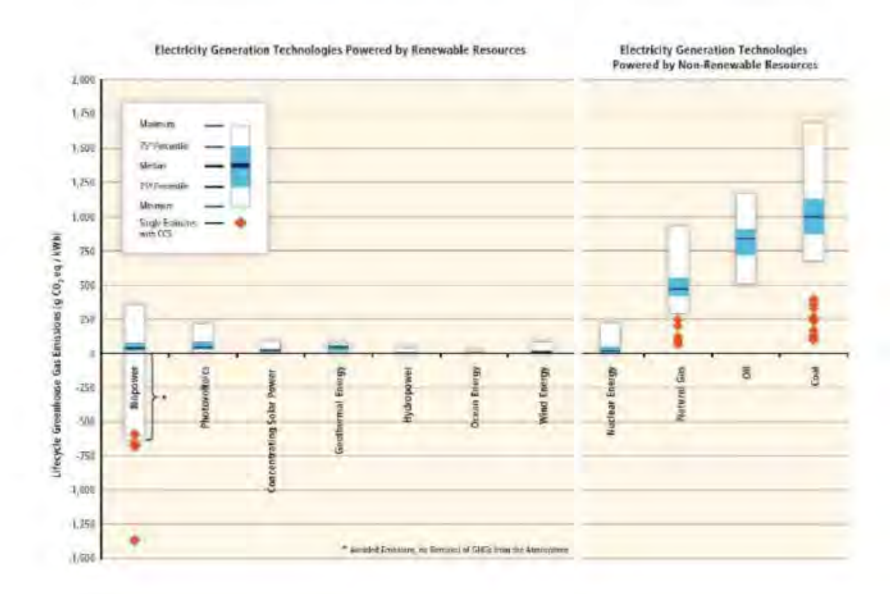
ورأينا أخيراً كذلك كارثة مفاعل فوكوشيما النووي في اليابان في عام 2011م، التي بدأت في فشل المفاعلات

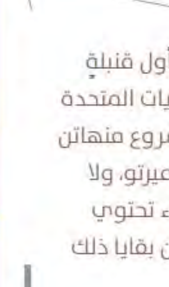
النووية بعد أن تضررت بسلسلةٍ من الزلازل وأمواج التسونامي الضاربة، وما زالت اليابان تعاني الأضرار الجسيمة لهذه الكارثة.

## أنملك خياراً آخر؟

يتوقع الخبراء أن تكون منطقة الخليج العربي أحد أكثر المناطق تأثراً بظاهرة الاحتباس الحراري، إذ بينت دراسةٌ أجراها معهد ماساتشوستس للتقنية بتمويلٍ من مؤسسة الكويت للتقدم العلمي أن منطقة الخليج العربي ستمر بظروفٍ بيئيةٍ عصيبةٍ بعد 80 عاماً من الآن، وذلك بسبب ارتفاع درجات الحرارة الشديد الذي يتوقع أن تصل إلى نحو 60 درجة في الصيف، وهذا ما يُشكل خطراً شديداً على صحة السكان وحياتهم مباشرةً. وتظهر الدراسة أن تلك الظاهرة ستتكرر لعدة مرات خلال العقود القادمة لعدة عوامل، أهمها طبيعة منطقة الخليج الجغرافية التي تتميز بالمنخفضات، والسماء الصافية، والمسطحات المائية التي تزيد من امتصاص الحرارة، وموقع المنطقة الجغرافي.

على الجانب الآخر، سيكون التغيير الناتج من استخدام موارد الطاقة النووية ذا فوائد كبيرةٍ على حالة المناخ الحالي في منطقة الخليج والعالم أجمع، إذ تطلق موارد الطاقة النظيفة والمتجددة كمياتٍ أقل من انبعاثات الغازات المسببة للاحتباس الحراري مقارنةً بباقي مصادر توليد الكهرباء. ولا تقتصر الفائدة فقط على تبطيء معدل الاحتباس الحراري، بل تحمل تأثيراً إيجابياً أكبر لتحسين مستوى صحة الأفراد، إذ ستقلل من تلوث الهواء والماء والتربة الناتج عن استخدام الوقود الأحفوري لإنتاج الطاقة، وتقدم حلولاً وظيفية وأعمالاً للكثير من الأشخاص للعمل في قطاعات الطاقة المتجددة. مع الزيادة في معدلات الطلب على الطاقة في القطاعين





في عام 1945م، فُجرت أول قنبلةٍ نوويةٍ تجريبيةٍ في الولايات المتحدة الأمريكية تحت مظلة مشروع منهاتن في صحراء جورنادا ديل ميرتو، ولا تزال تلك المنطقة الجرداء تحتوي على إشعاعاتٍ نوويةٍ من بقايا ذلك الانفجار حتى اليوم

الصناعي والسكني، يواجه قطاع الطاقة في المملكة العربية السعودية عدة تحديات، ولهذا ركزت رؤية 2030 في بناء سوقٍ قوي للطاقة المتجددة كهدفٍ أساسي، إذ تعمل المملكة على إضافة 9.5 جيجاواط من الطاقة المتجددة إلى الإنتاج المحلّي بحلول عام ٢٠٣٠م، وتثبيت نسبةٍ كبيرةٍ من سلسلة قيمة الطاقة المتجددة في الاقتصاد السعودي، ويشمل ذلك خطوات البحث والتطوير والتصنيع وغيرها، بدءاً بتدشين المشروع الوطني للطاقة الذرية الهادف إلى إدخال المملكة إلى مجال الطاقة النووية السلمية، ويشمل هذا المشروع بناء مفاعلاتٍ نوويةٍ كبيرةٍ بقدرة توليدٍ كهربائية تقدر من 1200 إلى 1600ميجاواط للمفاعل الواحد، وبناء مفاعلات أخرى صغيرةٍ مدمجة. ولتفادي مخاطر الطاقة النووية ومخاوف التلوث منها، تأسست هيئة السلامة النووية والإشعاعية التي تهدف إلى تأكيد جانب السلامة والأمان عند إنتاج الطاقة النووية، مع ضمان اتباع إجراءات السلامة النووية التي تسنها الوكالة الدولية للطاقة الذرية.



تنتج المفاعلات النووية عند عملها مخلفاتٍ مشعةً خطيرةً ما زال العلماء يبحثون عن طرائق فاعلةٍ للتخلص منها، وهي مصدرٌ لقلق الحكومات على المستوى العالمي، إذ تبقى مشعةً ونشطةً لمئات الآلاف من السنين



## المصادر


https://goo.gl/dW4bwi
http://www.world nuclear.org
https://goo.gl/Ds54nj
https://nei.org/advantages/climate
https://goo.gl/3mnT5y
https://goo.gl/pgnAuW
https://climate.nasa.gov/effects/
https://goo.gl/5mGUoY
https://goo.gl/9FDZP4
https://goo.gl/7gDrMv
https://goo.gl/ZFWteb
https://goo.gl/gw3zcu
https://goo.gl/pbPpW2
http://vision2030.gov.sa/ar/node/87




يتلخص الخطر الثالث الناتج من الطاقة الذرية بعد خطر المفاعلات ومشكلة النفايات في ارتباط هذه الطاقة بشكل وثيق بالسلاح الذري.

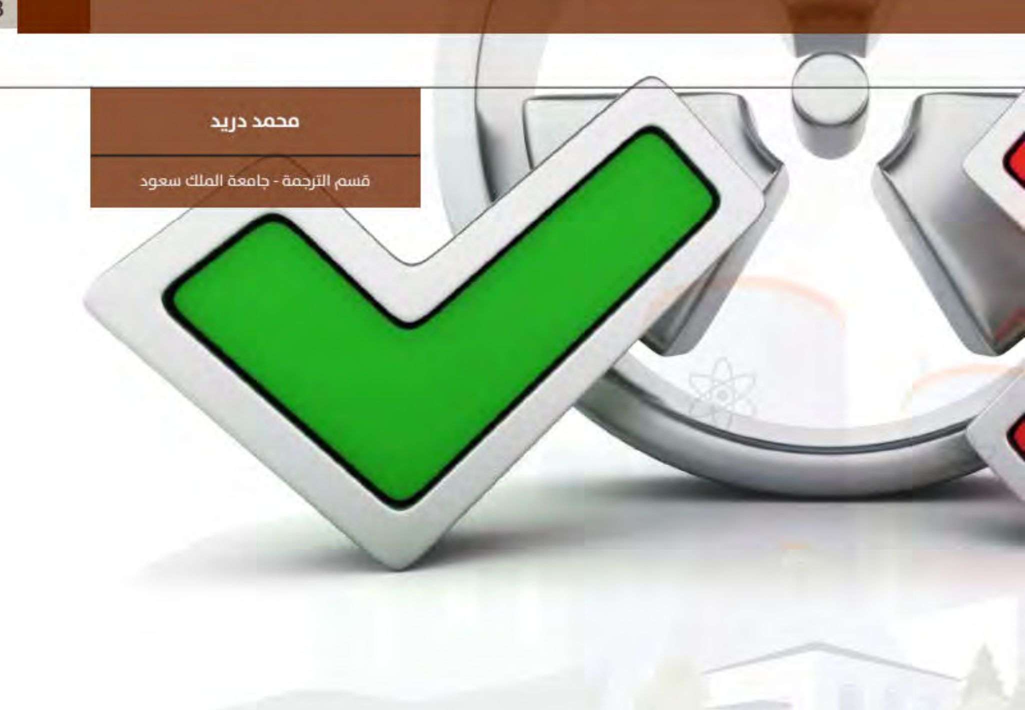
عندما يدافع كومبي وعلماء الذرة الآخرون عن الطاقة الذرية وعندما يردون على انتقادات أنصار البيئة وأحزاب الخضر، فإنهم يركزون جلّ كلامهم في المنحى السلمي لهذه الطاقة ويؤكدون انتفاء وجود علاقة خطرة ما بين الطاقة الذرية والأسلحة الذرية. نسوق هذه الأدلة، ونطلع على ما يقوله كل طرف من الأطراف.

## مقتطف من كتاب ألكسي يابلوكوف

# الطاقة الذرية بين مؤيد ومعارض

محمد دريد

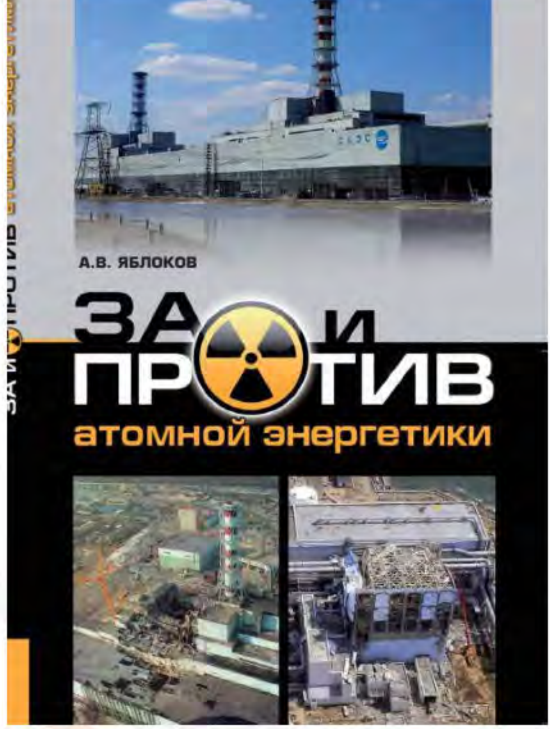
قسم الترجمة - جامعة الملك سعود






«لا تستطيع المجتمعات حتى الآن التفريق بين القنبلة الذرية والطاقة الذرية اللتين لا تملكان أي شيء مشترك فيما بينهما من الناحية الفنية والتقنية.
لا يمكن للمفاعل النووي أن ينفجر كما يحدث للقنبلة، كذلك لا يمكن للقنبلة أن تنتج الكهرباء» .




الكهرباء الناتجة من الذرة ما هي إلا قنبلة نووية تولد الكهرباء. هذا ما يقوله الفيزيائي السيد كابيتسا حامل جائزة نوبل[1].

ظهرت الطاقة النووية في خمسينيات القرن الماضي ناتجاً من السلاح النووي. في عام 1946 كتب السيد أوبنغيمير الذي يعدّ أحد صانعي الأسلحة الذرية: "... نحن نعرف ماذا سنفعل عندما نوقع على اتفاقية الأسلحة النووية. نحن لن نصنع سلاحاً عظيماً. نحن على الأقل لن نبدأ بهذا الأمر، لكننا سنبني محطات جبارة، ونسميها محطات ذرية...سنبني هذه المحطات بحيث يمكن تحويلها بسرعة وبساطة لإنتاج الأسلحة الذرية"[2].

انقلبت الصورة في العالم بعد ستينيات القرن الماضي. أصبح الطريق معبداً وسهلاً لأي جهة تريد الحصول على السلاح النووي، وذلك عن طريق تطوير الطاقة الذرية؛ لأن المبادئ الفيزيائية والتقنية للقنبلة الذرية والطاقة الذرية واحدة.

كتب رئيس الوكالة الدولية للطاقة الذرية السيد محمد البرادعي في عام 2008 معلقاً على سعي بعض الدول للحصول على الطاقة الذرية: "ليس مهماً أن تحصلوا على السلاح الذري. يكفي أن تحصلوا على بوليصة تأمين تسمح لكم إمكانية امتلاك السلاح النووي. تعالوا لا نخدع بعضنا بعضاً. 90% من العملية ما هي إلا ضبط للنفس[3].

يتم ضبط التفاعلات المتسلسلة في المفاعل الذري ومن ثم يتم ضبط إنتاج الطاقة في هذه المفاعلات. لكن يتم إنتاج الطاقة النووية في هذه المفاعلات في السنوات التي تلي. لا يمكن كبح التفاعلات المتسلسلة في الشحنة الذرية، وهذا يؤدي إلى إنتاج الطاقة خلال ملايين أجزاء الثانية. وهكذا يتضح لنا أن الفرق بين المفاعل الذري والقنبلة الذرية من الناحية التكنولوجية ينحصر فقط في مدة حدوث التفاعل المتسلسل.




- كل هذا الكلام ليس صحيحاً. يحاول أنصار الذرة نشر خرافة تقول إنه لكي يتم إنتاج القنبلة الذرية يجب الحصول على مادة البلوتونيوم الخاص بإنتاج الأسلحة الذي يتكون من 90% من نظائر البلوتونيوم 239. غير أن الولايات المتحدة الأمريكية أثبتت في عام 1972م من خلال التجارب التي قامت بها أن خليط نظائر البلوتونيوم في أي نوع من أنواع المفاعلات الذرية يمكن أن يؤدي إلى إنتاج قنبلة ذرية بقوة عدة كيلوجرامات من الأطنان.
- ويمكن أن نضيف على هذا أمراً مدهشاً، وهو سكوت أنصار الذرة وتغاضيهم عن إنتاج المفاعلات المائية الخفيفة في المحطات الكهروذرية في الأشهر الأولى من عملها مادة البلوتونيوم 239، وذلك بعد أن تبدأ هذه المحطات عملية إشعاع وقود اليورانيوم. ومعلوم أن البلوتونيوم 239 يشكل أرضية خصبة لإنتاج البلوتونيوم الصالح لإنتاج الأسلحة(انظر الشكل 1 في الملحق).

- «...تنتج المفاعلات المائية المضغوطة ومفاعلات الماء المغلي عنصر البلوتونيوم الذي لا يُعدّ صالحاً لإنتاج الأسلح الكهرباء الناتجة من الذرة ما هي إلا قنبلة نووية تولد الكهرباء. هذا ما يقوله الفيزيائي السيد كابيتسا حامل جائزة نوبل[1].

ظهرت الطاقة النووية في خمسينيات القرن الماضي ناتجاً من السلاح النووي. في عام 1946 كتب السيد أوبنغيمير الذي يعدّ أحد صانعي الأسلحة الذرية: "... نحن نعرف ماذا سنفعل عندما نوقع على اتفاقية الأسلحة النووية. نحن لن نصنع سلاحاً عظيماً. نحن على الأقل لن نبدأ بهذا الأمر، لكننا سنبني محطات جبارة، ونسميها محطات ذرية...سنبني هذه المحطات بحيث يمكن تحويلها بسرعة وبساطة لإنتاج الأسلحة الذرية"[2].

انقلبت الصورة في العالم بعد ستينيات القرن الماضي. أصبح الطريق معبداً وسهلاً لأي جهة تريد الحصول على السلاح النووي، وذلك عن طريق تطوير الطاقة الذرية؛ لأن المبادئ الفيزيائية والتقنية للقنبلة الذرية والطاقة الذرية واحدة.

كتب رئيس الوكالة الدولية للطاقة الذرية السيد محمد البرادعي في عام 2008 معلقاً على سعي بعض الدول للحصول على الطاقة الذرية: "ليس مهماً أن تحصلوا على السلاح الذري. يكفي أن تحصلوا على بوليصة تأمين تسمح لكم إمكانية امتلاك السلاح النووي. تعالوا لا نخدع بعضنا بعضاً. 90% من العملية ما هي إلا ضبط للنفس[3].

- يتم ضبط التفاعلات المتسلسلة في المفاعل الذري ومن ثم يتم ضبط إنتاج الطاقة في هذه المفاعلات. لكن يتم إنتاج الطاقة النووية في هذه المفاعلات في السنوات التي تلي. لا يمكن كبح التفاعلات المتسلسلة في الشحنة الذرية، وهذا يؤدي إلى إنتاج الطاقة خلال ملايين أجزاء الثانية. وهكذا يتضح لنا أن الفرق بين المفاعل الذري والقنبلة الذرية من الناحية التكنولوجية ينحصر فقط في مدة حدوث التفاعل المتسلسل».
- "لإنتاج الأسلحة النووية من الضروري بناء منشآت متخصصة بإنتاج اليورانيوم المخصب 235 أو البلوتونيوم 239. وحتى لو افترضنا إمكانية إنتاج البلوتونيوم كيميائياً من مادة اليورانيوم، فإن هذا البلوتونيوم لا يكون صالحاً لإنتاج الأسلحة".

أنفق علماء الذرة سنوات كثيرة من أجل البحث عن مثل هذه التقنيات لكن جهودهم باءت بالفشل.

صرح الأمين العام للأمم المتحدة كوفي عنان في اجتماع للأمم المتحدة مخصص للحد من انتشار الأسلحة النووية في عام 2005 بأن الأعمدة الثلاثة التي ترتكز عليها معاهدة حظر انتشار السلاح النووي هي حظر الانتشار، ونزع السلاح والاستخدام السلمي للطاقة النووية – ولقد حدثت شروخ فيها جميعها(4).

إن الأمر المحزن فعلاً للعالم كله أن بناء محطة كهروذرية في بلد ما يوفر الأرضية المناسبة لإنتاج السلاح النووي في ذلك البلد.

لكي يستطيع أنصار الذرة تعديل قرارهم الخاطئ والخطر على العالم والمتعلق بتطوير الطاقة الذرية التي أوصلتنا إلى الأسلحة الذرية (بعد تجزئة اليورانيوم) فلا بد لهم من الانتقال من طاقة اليورانيوم إلى طاقة الثوريوم. لا يؤدي استخدام الثوريوم في المفاعل الذري إلى إنتاج البلوتونيوم. تعد الطاقة الناتجة عن عنصر الثوريو ممكنة نظرياً لكنها ليست كذلك عملياً نظراً للتكلفة الهائلة الناتجة عنها.

- 1- « علينا أن نبذل كل الجهود الممكنة للحيلولة دون انتشار الأسلحة النووية طالما مازال الناس لا يرفضون الحرب؛ لأنهم يعدونها استمراراً للسياسة. ولتحقيق هذه المهمة لا بد من إبرام معاهدة حول حظر انتشار الأسلحة النووية وإنتاج تقنيات نووية لا تؤدي إلى انتشار هذا السلاح»




• « لا يمكن صنع القنبلة الذرية إلا بوجود البلوتونيوم ٢٣٩ الصافي جداً».

• ليس صحيحاً الادعاء بأن معالجة اليورانيوم تؤدي إلى انتشار الأسلحة النووية. لا يحمل البلوتونيوم بعد معالجته وإعادة تدويره المقومات التي تؤهله إلى صنع الأسلحة. لكي نستطيع تصنيع الأسلحة من مادة البلوتونيوم من الضروري أن تكون النظائر ضمن تركيب هذا البلوتونيوم. أما إنتاجه من الوقود المستنفذ الذي تطرحه المفاعلات المدنية فلا يمكن أبداً لأن هذه العملية بحاجة إلى مفاعلات وتقنيات مختلفة عدا عن أن هذه العملية مكلفة جداً. تم إنتاج الأسلحة النووية الأمريكية والروسية والفرنسية في ستينيات وسبعينيات القرن الماضي عندما لم تكن هناك معامل قادرة على إنتاج الوقود المستنفذ"

• قولوا لي من فضلكم هل استطاع أحد إعاقة بناء محطة بوشهر الإيرانية؟ ومن ذا الذي يستطيع أن يحول دون إنتاج هذه المحطة للبلوتونيوم ٢٣٩ في المستقبل؟

• يكتب كومبي: "... تم إنتاج كل الأسلحة النووية الأمريكية والروسية والفرنسية في ستينيات وسبعينيات القرن الماضي عندما لم تكن هناك مصانع لمعالجة الوقود المستنفذ". وأقول أنا إن هذا الأمر ليس كل الحقيقة. وإليكم الجزء الناقص منها وهو أنه صحيح لم تكن وقتها توجد مصانع لمعالجة الوقود المستنفذ. لكن الصحيح والأخطر أيضاً أنه في تلك الفترة كان الاتحاد السوفيتي ينتج مواد شديدة الخطورة في كراسنايارسك ٢٦ (الآن جيليزنوغورسك)، تومسك ٧ (الآن سيفيرسك) وفي مصنع ماياك لإنتاج مستلزمات الصناعة الذرية (يسمى الآن أوزيرسك). وهذا الأمر لم يتوقف على الاتحاد السوفيتي بل شمل أيضاً أمريكا وبريطانيا وفرنسا.

• ٧-" لو حدث أي انفجار نووي فوق أي مدينة على وجه الكرة الأرضية لكانت عواقبه وآثاره أكبر بكثير من عواقب أي كوارث قد تحدث في مئات المحطات الكهروذرية خلال عدة مئات من السنوات".

من الصعب عليّ أن أتفق مع كومبي في كلامه عن أن عواقب أي انفجار نووي في أي مدينة أكثر كارثية بما لا يقاس من عواقب الكوارث في مئات المحطات الكهروذرية خلال عدة مئات من السنوات. قُتل جراء انفجار قنبلتين نوويتين فوق هيروشيما وناغازاكي نحو 250 ألف إنسان. أما انفجار مفاعل تشيرنوبل فقد أدى خلال 25 سنة الأولى منه إلى قتل نحو مليون شخص (10). وهذا الرقم بالمناسبة قريب من التوقعات والأرقام التي أوردتها المصادر الأمريكية والألمانية عن عدد الضحايا الممكنة جراء حوادث المحطات الكهروذرية (11، 12). هناك فرق واضح بين انفجار القنبلة النووية والمحطة الكهروذرية ألا وهو أن انفجار المحطة الكهروذرية يؤدي إلى انتشار النويدات المشعة أكثر بمئات المرات مما ينتجه انفجار القنبلة الذرية. وكذلك فإن آثار انفجار المحطة الكهروذرية تستمر فترة زمنية أطول مما هو في القنبلة الذرية.

• «...تهدد الأسلحة النووية البشر والبيئة بينما تخدم العناصر المشعة المستخدمة في الطاقة النووية حياة الإنسان وتؤدي إلى مخاطرة طفيفة يمكن مراقبتها»

إن القول إن العناصر المشعة المستخدمة في الطاقة الذرية تخدم حياة الإنسان لهو كلام فيه تناقض كبير خاصة إذا علمنا أن الأسلحة النووية تُنتج بالمبادئ نفسها، وعلى الأرضية نفسها. إن المقارنة بين خطر القنبلة النووية وما يسمى خير الطاقة الذرية ما هي إلا لغط كبير.

علينا أن نعترف بأن القنبلة النووية شر وكذلك هي الطاقة الذرية. وإذا ما ملكنا الشجاعة لقول الحقيقة فإننا لن نتردد في القول إنه لم يحدث في تاريخ البشرية انفجار عارض وبالمصادفة لأي قنبلة ذرية، بينما تطالعنا الأخبار بين الفينة والأخرى عن حدوث الكوارث في المحطات الكهروذرية. إن القول إن المحطات الكهروذرية خاضعة للرقابة وإن المخاطر الناتجة عنها هي بالحد الأدنى يعني أن الأسلحة الذرية ليست كذلك، وهذا لعمري مجافٍ للحقيقة.





يشير كومبي خصيصاً إلى كندا غامزاً إلى أنها بريئة مما تتهم به من المساهمة في نشر الأسلحة النووية عن طريق توريد التقنيات الذرية ثنائية الاستخدام إلى الدول الأخرى، وهدفه من ذلك نشر كتابه في كندا. ولكن في الحقيقة فإن كل الدول المتقدمة في مجال الذرة دون استثناء وليس فقط كندا لم تصمد أمام الإغراءات السياسية والمالية، ومن ثم فهي ساهمت في نشر التقنيات الذرية ثنائية الاستخدام. قامت كندا إن كان قبل توقيعها على معاهدة عدم الانتشار أو بعد التوقيع عليها ببيع مفاعلات الماء الثقيل. تعد حادثة انفجار القنبلة الذرية الهندية في عام 1974م في حقل رمي بوخران في رادجستان أول دليل قاطع على إمكانية تحويل البرنامج الذري المدني إلى برنامج عسكري لإنتاج الأسلحة الذرية. تم الحصول على البلوتونيوم لهذه القنبلة من المفاعل البحثي الكندي الأمريكي CIRUS (1960) الذي يعمل على الماء الثقيل والذي تبلغ قوته 40 ميغا واطاً، والذي يستخدم اليورانيوم الطبيعي. وقد حصلت الهند على هذا المفاعل من كندا في إطار التعاون على تنفيذ خطة (كولومبو). وكان شرط تسليم المفاعل استخدامه فقط للأغراض البحثية السلمية. ما ذا يعني هذا الشرط؟ ألا يعني أن الأطراف كانت تعرف منذ البداية أنه يمكن استخدامه لصنع الأسلحة الذرية؟ شاركت الولايات المتحدة أيضاً في صنع القنبلة الذرية الهندية بتسليمها الهند 10 أطنان من الماء الثقيل لزوم هذا المفاعل.

إليكم ما كتبه كبير الخبراء في العالم بمجال الحد من انتشار الأسلحة النووية السيد أرباتوف أ.: "يشهد سوق المواد والتقنيات النووية منافسة حامية بين المصدرين بسبب الأرباح الكبيرة التي يجلبها لجيوبهم. في خضم الصراع على استحواذ الأسواق لم تعد الدول المصدرة وأولاها كندا متلهفة لتطبيق الضمانات التي تفرضها الوكالة الدولية للطاقة الذرية على الرغم من عدم كفاية هذه الضمانات وعلى الرغم من أن بعض الدول المستوردة لم توقع على معاهدة عدم انتشار الأسلحة النووية وهي إسرائيل والهند وباكستان"[6].

ملاحظة: يعد الانضمام إلى معاهدة عدم انتشار الأسلحة النووية شكلياً شرطاً إلزامياً للحصول على دعم الوكالة الدولية للطاقة الذرية لتطوير الطاقة الذرية في البلد الموقع.

• ٩-«منذ توقيع معاهدة عدم انتشار الأسلحة النووية تخضع المفاعلات المباعة من كندا والدول الأخرى لرقابة دولية صارمة من طرف الوكالة الدولية للطاقة الذرية ومن ثم فإنها لا يمكن أن تكون سبباً في انتشار الخطر النووي»

جعل جنوب إفريقيا مثالاً ناصعاً يحمل أكثر من معنى. لقد صنّعت جنوب إفريقيا الأسلحة النووية وجربتها سراً. وقد حصل كل ذلك تحت غطاء برنامج الطاقة الذرية المدني وبمشاركة ومساعدة الوكالة الدولية للطاقة الذرية. وعندما انهار نظام التمييز العنصري هناك كُشف اللثام عن هذه العملية السرية. قامت الحكومة الديمقراطية بقيادة الزعيم مانديلا طوعاً بتدمير 7 شحنات نووية عسكرية كانت تمتلكها البلاد. ولم تكتف بذلك بل زادت عليه تدمير كل التقنيات التي تم بموجبها تصنيع هذه الرؤوس. هذا المثال لا يدع مجالاً للشك في عدم فاعلية ونجاعة الرقابة التي تقوم بها الوكالة الدولية للطاقة الذرية على الدول لجعلها تتقيد بنظام حظر انتشار الأسلحة النووية. تصوروا! لم تستطع ولا لجنة تفتيش واحدة من أصل 150 لجنة قامت بمراقبة وفحص البرنامج النووي في جنوب إفريقيا، من كشف هذا الانحراف الخطير في البرنامج النووي الجنوب إفريقي والذي أدى إلى تصنيع الأسلحة النووية. ومن هنا نستنتج أن الوكالة الدولية للطاقة الذرية لا تعد عائقاً أمام تحويل البرنامج النووي المدني إلى برنامج عسكري إذا ما أرادت الدول ذلك، وهذا ما يكتبه كومبي نفسه في كتابه في أكثر من موضع. على العكس من ذلك تمثل الوكالة في حد ذاتها ثقباً في جسم أي برنامج نووي مدني يمكن النفاذ منه لتصنيع وانتشار التقنيات النووية الخطرة.

• ١٠-« تعد جنوب إفريقيا مثالاً ناصعاً يؤكد أن تطوير البرنامج النووي المدني من شأنه أن يحول دون انتشار الأسلحة النووية واستخدام الطاقة الذرية للأغراض العسكرية»

لا أدري لماذا يقول كومبي الشيء ثم ينقضه بنفسه. لماذا تقوم الوكالة الدولية للطاقة الذرية بفرض رقابة صارمة وشديدة إذا كان البلوتونيوم المصنّع لا يمكن تحويله إلى الأغراض العسكرية؟ وأقول هنا إنه يمكن تحويله وبسهولة. يؤكد الخبراء أن أي نوع من أنواع البلوتونيوم قادر على أن يكون مادة لتصنيع الشحنات العسكرية النووية.

• «عملياً لا يرتبط خطر الانتشار مباشرة بالمفاعلات العادية الكثيرة (العاملة على الماء المضغوط أو المغلي): لأن البلوتونيوم الذي تنتجه لا يمكن الاستفادة منه عسكرياً وهو مراقب مراقبة شديدة من الوكالة الدولية للطاقةالذرية».

مرة أخرى لا ينتبه كومبي إلى أنه يناقض نفسه بنفسه. إذا كان هو قال بلسانه إن تطوير الطاقة الذرية المدنية كان سبباً في رفض البرامج النووية العسكرية. هذا يعني أن الطاقة الذرية تتحمل عبء خطر تصنيع الأسلحة النووية. وعلى أرض الواقع فإن دولاً مثل الأرجنتين والبرازيل وجنوب إفريقيا وسوريا تقوم بأنشطة نووية عسكرية تحت غطاء تطوير الطاقة الذرية المدنية. وهذا الأمر يتكرر حالياً في إيران وعدة دول أخرى.

• «... في حالات جنوب إفريقيا والأرجنتين والبرازيل فإن تطوير الطاقة الذرية المدنية كانت سبباً في رفض البرامج النووية العسكرية»

تأكيد كومبي أن معاهدة حظر انتشار الأسلحة النووية هي الطريق الوحيد والمضمون ما هو إلا تضليل للرأي العام. كيف يمكننا الحديث عن تنفيذ المعاهدة وهي لم تصبح نافذة بعد؟ ويبدو أنها لن تكون نافذة في المستقبل المنظور؛ لأن شرط تطبيقها هي انضمام جميع دول العالم التي تملك برامج نووية إليها (لم توقع إسرائيل، والهند، وباكستان على المعاهدة ولا تنوي على ما يبدو التوقيع عليها). وما هذا الطريق المضمون طالما تستطيع أي دولة وفي أي لحظة الخروج من المعاهدة كما فعلت جمهورية كوريا الديمقراطية؟ إن إعطاء الناس انطباعاً بفاعلية ونجاعة معاهدة حظر انتشار الأسلحة النووية هو أمر في منتهى الخطورة. هذا الأمر يجعل المجتمع يركن إلى الهدوء والسكينة معتمداً على وجود مؤسسة فاعلة تمنع انتشار الأسلحة النووية. تم إقرار معاهدة حظر انتشار الأسلحة النووية في عام 1968 وتم تمديدها في 1995 إلى أجل غير مسمى. تُعدّ هذا الأمر في حد ذاته إقراراً باحتمال استخدام البرنامج الذري المدني لأهداف عسكرية ولصنع الأسلحة أو المتفجرات النووية. تبين من خلال هذه المعاهدة أن متطلبات حظر الانتشار مرتبطة بالعملية الأم ألا وهي المواد الانشطارية[7]. بمجرد التوقيع على المعاهدة تصبح الدول الموقعة ملزمة بعدم العمل على تطوير الأسلحة النووية مقابل موافقة الدول النووية الخمس على السماح بالطاقة الذرية للأهداف المدنية والتزامها بعدم تزويد الدول غير النووية بالأسلحة النووية وأجزائها وتقنياتها. كما وتلتزم الدول الكبرى بتدمير ترسانتها النووية والإبقاء فقط على ما هو مدني منها. إلا أن هذه الدول لم تتقيد بهذه البنود وارتكبت الانتهاكات التالية: قامت الصين بمساعدة باكستان في صنع القنبلة النووية. لا تنوي أي من الدول الكبرى تدمير ترسانتها النووية. انتهكت نحو 18 دولة بعد عام 1968 شرط الاستخدام السلمي للتقنية الذرية، وانتهكت الدول الخمس الكبرى شرط عدم استخدام التجهيزات المدنية لصنع الأسلحة الذرية. يتزايد مع مرور الوقت عدد الدول النووية وتتزايد الأسلحة النووية بحيث أصبحت أكثر مما كانت عليه قبل توقيع المعاهدة. ماذا يعني ذلك؟ يعني ببساطة أن المعاهدة ليست فاعلة. والأهم من هذا وذاك ما أثبتته التجربة وهو أن برنامج الاستخدام السلمي للتقنية الذرية هو من كان وراء إخفاق المعاهدة وإخفاق حظر الانتشار. وللأسف فإن كومبي يعد هذا النظام المتهالك نظاماً موثوقاً.

• «... يعد تطبيق معاهدة حظر انتشار الأسلحة النووية الطريق الصحيح والمضمون للحيلولة دون انتشار هذه الأسلحة. واليوم هذا الطريق هو الطريق الوحيد المضمون»

ثقة كومبي هذه دائماً ما كانت تعطي مفعولاً عكسياً. يحاول كومبي أن يعطي انطباعاً بإمكانية استخدام الطاقة الذرية دون تعريض العالم إلى خطر انتشار الأسلحة النووية (هذا غير ممكن فيزيائياً ولا سياسياً). كتب مدير معهد الطاقة والبيئة في الولايات المتحدة الأمريكية منذ فترة ما يأتي: «المفاعل الذري ما هو إلا قِدْرٌ فيه ماء يغلي. هل هناك فائدة من الحصول على البلوتونيوم والمواد المشعلة طويلة الأجل من أجل الحصول على الماء المغلي؟»[6].

من جهته قال المسؤول عن صنع أول رأس حربي نووي في الاتحاد السوفيتي ومدير المركز الفيدرالي الروسي النووي الأكاديمي خاريتون: "أعترف بمشاركتي في الاكتشافات العلمية والهندسية الهائلة والرائعة والتي أدت إلى امتلاك البشرية مصدراً لا ينضب من الطاقة. لكني أنا اليوم وقد بلغت من الكِبَر عتياً لا أجد نفسي واثقاً من أن البشرية قد وصلت لمرحلة النضج التي تمكنها من استخدام وامتلاك الطاقة الذرية. أعترف بمساهمتنا في قتل الأبرياء من الناس وبتدمير الطبيعة وكرتنا الأرضية هذه التي تُعد ملاذنا جميعاً. كلمات التهدئة لن تغير شيئاً من الحقيقة. آمل أن تجد الأجيال القادمة من بعدنا الحكمة والشجاعة باختيار ما هو أفضل للبشرية ورفض كل ما هو سيئ"[8].

• «...أنا على ثقة من أن البشرية ستجد الحكمة التي تبعدها عن بربرية الأسلحة النووية واعتماد الطاقة النووية طاقة أساسية وضرورية»

يعترف كومبي أنه يمكن استخدام الطاقة الذرية لأهداف شيطانية، وإليكم ما يقول:

«.... تجب مراقبة استخدام المواد النووية وضبطها بشدة..... لكيلا نعرّض مستقبل الأجيال القادمة ومستقبل الكوكب إلى الخطر». إليكم ما قاله في عام 2011 مدير المؤسسة الروسية للذرة كيرينكو: «.... الطاقة الذرية لا تقتصر فقط على المحطات الكهروذرية، الطاقة الذرية هي الدرع النووية العسكرية لبلادنا....إذا ما قامت دولة ما باستخدام برنامجها النووي المدني لأهداف عسكرية سنجد أنفسنا بعد عشر أو خمس عشرة أو عشرين سنة قد خرجنا من دائرة المنافسة في المجال النووي العسكري»[9]. كم من الأمثلة يجب أن نقدّم حتى يقتنع الجميع بالارتباط الوثيق بين الطاقة الذرية والأسلحة النووية؟!

## المصادر


1. Рубинин П.Е. (Ред.) 1994. Все простое — правда. Афоризмы и изречения
П.Л. Капицы: его любимые притчи, поучительные истории, анекдоты. М.. 152 с.

2. Makhijani A. 2011. The Fukushima tragedy demonstrates that nuclear energy
doesn't make sense// Bull. Atomic Sci. 2011. 21 July //http://www.thebulletin.org/web(edition/roundtables/nuclear(energy(different(other(energy(sources.70

3. Spread of Nuclear Capability Is Feared//2008. Washington Post. 2008.12. 05.
//http://www.washingtonpost.com/wp(dyn/content/article/2008/05/11/.

4. Annan K. 2005. Break the Nuclear Deadlock//International Herald Tribune.
2005.30. 05.//http://www.wagingpeace.org/articles/2005/05/30 annan nuclear(
deadlock.htm.

5. Pflugbeil S., Claussen A., Schmitz0Feuerhake I. 2011. Health effects of
Chernobyl. IPPNW and GFS Report. April 2011. Berlin. 67 s.//
http://www.nirs.org/reactorwatch/accidents/chernob report2011webippnw.pdf.

6. Арбатов А. 2004. Ядерное сдерживание: реальности и химеры//Независи(
мое военное обозрение. 15 мая//с.2.

7. Тимербаев Р.М. 1999. Россия и ядерное распространение. 1945–1968. М.:
Наука. 384 с.

8. Харитон Ю.Б. 1999. Особое выступление в память Роберта Оппенгейме(
ра//Природа. № 3. сс.

9. Кириенко С. В. 2011. Интервью. Ядерный контроль. Вып. № 24 (405) 15
марта — 28 марта//http://www.pircenter.org.

10. Яблоков А.В., Нестеренко В.Б. Нестеренко А.В., Преображенская Н.И.
2011. Чернобыль: последствия катастрофы для человека и природы. Киев:
«Универсариум». 590 с.


لم يستطع أنصار الذرة ومؤيدوها كل هذه السنوات إعطاء إجابات كافية ووافية على ثلاث قضايا هامة جعلت الطاقة الذرية المعاصرة غير مناسبة للبيئة:

1. الخطر الداهم الذي تمثله المفاعلات الذرية.
2. عجزهم عن إيجاد حل لمشكلة دفن النفايات المشعة.
3. تطوير البرنامج الذري السلمي يفتح الباب ويفسح المجال أمام إنتاج الأسلحة الذرية.





يتألف هذا الكون في جوهره من الذرات، وتتكون الذرة من سحابة من الإلكترونات التي تحيط بالنواة المتألفة من جسيمات صغيرة هي البروتونات والنيوترونات، وتسمى القوة التي تربط مكونات النواة بعضها ببعض بالقوة النووية القوية. وإنّ ما يميز اختلاف الذرات بعضها عن بعض هو العدد الذري (أي عدد البروتونات)، كما تُعرف العناصر التي تحمل العدد نفسه من البروتونات، ولكن عدد نيوتروناتٍ مختلفٍ بالنظائر.

تميل الأنوية الثقيلة التي تحتوي على عددٍ كبيرٍ من البروتونات لأن تكون غير مستقرةٍ غالباً، وتقوم إما بإطلاق بروتوناتٍ على شكل إشعاع ألفا (جسيمات ألفا)، أو بإطلاق إلكتروناتٍ تُعرف بإشعاع بيتا في سعيها إلى الاستقرار، وينتج من ذلك تحول العنصر إلى عنصرٍ آخر، وتسمى هذه العملية بالاضمحلال الإشعاعي، وقد تستمر فتراتٍ زمنية مختلفة قد تصل إلى آلاف السنين، وهي ناتجةٌ من القوة النووية الضعيفة التي تنطوي تحت مظلة القوى الأربع الأساسية في الكون، بجانب القوة النووية القوية، والقوة الكهرومغناطيسية، وقوة الجاذبية.

# التطبيقات المتنوعة

## للطاقة النووية النظيفة



سعاد علي السقاف

قسم الفيزياء - جامعة الملك عبدالعزيز



## الإشعاع الذري والانشطار النووي

اكتشف النشاط الإشعاعي بالمصادفة في عام 1896م، إذ كان هنري بيكريل يُجري تجاربه بعد أن اكتشف الفيزيائي الألماني فيلهلم رونتغن الأشعة السينية، فوجد أن اليورانينيت أو كما يسمى البتشبلند قد ترك أثراً في لوح فوتوغرافي، وبدراسة ذلك الأثر أدرك أن هذا النوع من الإشعاع يختلف تماماً عن الأشعة السينية، كما اكتشف العالم الفرنسي بول فيلارد نوعاً آخر من الأشعة وهو أشعة جاما.

وبقي التفسير النظري لهذه الأشعة غامضاً حتى جاء الزوجان بيير وماري كوري وتركزت دراستهما في تلك العناصر المشعة، وأطلقا اسم «النشاط الإشعاعي» على هذه الظاهرة في عام 1896م.

اكتشف الانشطار النووي في عام 1938م، إذ لاحظ أوتو هان وفريتز ستراسمان أنّ العناصر الأخف تساوي تقريباً نصف كتلة اليورانيوم، واقترحا بأن نواة اليورانيوم تمتص نيتروناً يؤدي إلى حدوث اهتزاز عنيف وانقسامها، وبحساب الطاقة المتوقعة الناتجة من ذلك وجدا أنها تساوي 200 مليون إلكترون فولت، وتمكن العلماء من تأكيد النتيجة تجريبياً في العام التالي.

لقد مثل هذا الاكتشاف أول تأكيد تجريبي لمبدأ تكافؤ المادة والطاقة الذي نُشر في ورقة علمية لألبرت أينشتاين عام 1905م.

في السنوات الست التالية انصبّ اهتمام الدول في توظيف هذا الاكتشاف في المجال العسكري وتطوير القنبلة الذرية قبل أن يتحول الاهتمام إلى الاستخدام السلمي في عام 1945م، والسعي إلى تسخير هذه الطاقة النووية الهائلة في توليد الكهرباء، دفع المحركات، والتطور العلمي الذي يخدم البشرية[1].

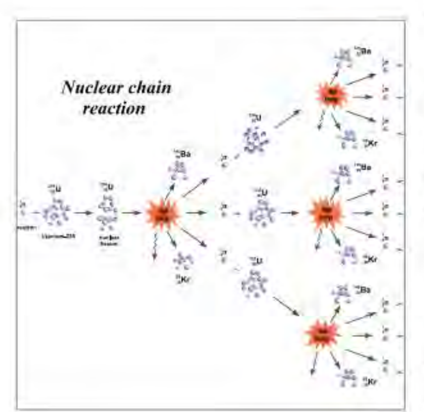
يمكن تصنيف المفاعلات النووية بشكلٍ عام إلى نوعين، وهما المفاعلات التي توجد في محطات الطاقة النووية لتوليد الطاقة، سواء كانت لتوليد الكهرباء أو طاقة الدفع للمحركات، والمفاعلات الصغيرة التي تستخدم في إنتاج النظائر المشعة التي تستخدم في مجالات البحث العلمي، الصناعة، والطب. وسنناقش تطبيقات كل من هذين النوعين هنا:

### تطبيقات المفاعلات النووية الضخمة:

### - محطات توليد الكهرباء

كانت فكرة استخدام الطاقة النووية في توليد الكهرباء استجابةً للطلب المتزايد أحد أوائل التطبيقات الثورية للطاقة النووية، وذلك لتساند محطات توليد الكهرباء التقليدية التي تعمل بالوقود الأحفوري أو لتستبدلها تماماً، إذ أضيء أول مصباح كهربائي بالطاقة النووية في مفاعلٍ تجريبي في العشرين من ديسمبر عام 1951م، وأُنشئت أول محطة نووية للاستخدام التجاري في أوبنينسك في روسيا عام 1954م، ووصل إنتاجها الصافي من الكهرباء إلى خمسة ميجاوات تُضاف إلى شبكة الطاقة[2].

لا يكفي تحرير الطاقة النووية القوية الكامنة داخل النواة وإطلاقها لاستغلالها، بل يجب أيضاً التحكم في عملية الانشطار تلك وإدارتها بحذر، وهذا ما يحدث





في المفاعل النووي حين تنساب الطاقة النووية من المفاعل تدريجياً على هيئة الحرارة والإشعاعات، بدلاً من تحريرها دفعةً واحدةً في انفجارٍ ضخم كما يحدث في القنبلة الذرية. وهناك عدة أنواعٍ من المفاعلات النووية معظمها مفاعلاتٌ مبردةٌ بالماء، وأكثرها شيوعاً مفاعلات الماء الخفيف[3].

أهم جزءٍ في المفاعل النووي عموماً هو قلب المفاعل، وهو الجزء الذي يحتوي على قضبان الوقود النووي المُكوّنة عادةً من كريات اليورانيوم المُخصب، ويتم فيه التفاعل المتسلسل من الانشطارات المُتحكَم بها التي تنتج نيوترونات وطاقةً هائلةً على شكل حرارةٍ تستخدم لتبخير الماء، ليُمرر البخار بعدها عبر توربيناتٍ متصلة بمولدات إنتاج الطاقة الكهربائية، ومن ثم يُبرد البخار ويُضخ لإعادة استخدامه، وتستخدم سوائل التبريد لتبريد المفاعلات التي تسخن نتيجة حرارة الانشطار، وعادةً تكون من الماء، المعادن السائلة، أو الملح المنصهر[4].



تُصنف المفاعلات النووية بشكلٍ عام إلى نوعين، وهما المفاعلات التي توجد في محطات الطاقة النووية لتوليد الطاقة، سواء كانت لتوليد الكهرباء أو طاقة الدفع للمحركات، والمفاعلات الصغيرة التي تستخدم في إنتاج النظائر المشعة

تتميز هذه العملية بأنها نظيفةٌ وصديقةٌ للبيئة، إذ تُنتج الطاقة دون أي انبعاثات الكربون الناتجة عند استخدام الوقود الأحفوري، كما تتميز محطات الطاقة النووية بقدرتها على العمل باستمرارٍ ودون انقطاعٍ، وتستطيع تحمّل حالات الطقس المتطرفة بأمانٍ نسبيٍ عالٍ، مما دفع الكثير من الدول إلى تبنّي الطاقة النووية بجانب مصادر الطاقة التقليدية. ولقد ازدادت العوامل الدافعة إلى تبني خيار الطاقة النووية في الألفية الجديدة بعد أن استمر إنتاجها ثابتاً إلى حدٍ ما في الثمانينيات بنسبة




16-17%. ومن أهم العوامل ارتفاع حجم الطلب على الكهرباء وسعي الدول إلى تلبية هذا النمو بأسعار معقولة، والتطلعات المشتركة للحد من انبعاثات الكربون بتبني الوسائل الصديقة للبيئة، وتأتي هذه العوامل تزامناً مع توافر جيل جديد ومتقدم من المفاعلات[5].

يعمل اليوم نحو 99 مفاعلاً نووياً تغطي ما يُقارب 20% من الاحتياج للكهرباء في الولايات المتحدة[6]، وفي إحصائية لعام 2016م وُجد أن حصة الولايات المتحدة تبلغ 33% من حصة الإنتاج العالمي للطاقة النووية، تليها فرنسا بنسبة 16% ومن ثم الصين بنسبة 8%، بعدها روسيا بواقع 7% وكوريا الجنوبية عند 6%، وأخيراً كندا بنسبة 4% فقط، بينما يتوزع باقي إنتاج الكهرباء بالطاقة النووية والبالغة نسبته 27% على بقية بلدان العالم[7]. ويبلغ عدد المفاعلات النووية في العالم نحو



> لا يكفي تحرير الطاقة النووية القوية الكامنة داخل النواة وإطلاقها لاستغلالها، بل يجب أيضاً التحكم في عملية الانشطار، وهذا ما يحدث في المفاعل النووي

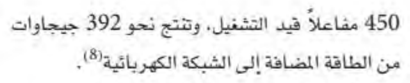



450 مفاعلاً قيد التشغيل، وتنتج نحو 392 جيجاوات من الطاقة المضافة إلى الشبكة الكهربائية[8].

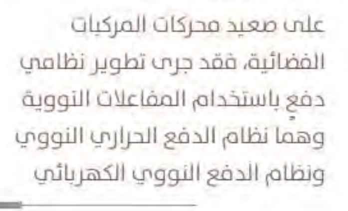
**- الدفع في السفن والمركبات الفضائية**

استخدمت الطاقة النووية في أول تاريخها في الغواصات والسفن، ففي عام 1954م أطلقت الولايات المتحدة الأمريكية غواصة نوتيلوس لتكون أول غواصة تعمل بالطاقة النووية، كما أطلق كلٌّ من الولايات المتحدة والاتحاد السوفييتي أول سفنهما التي تعمل بالطاقة النووية في عام 1959م.

وينبغي أن تكون المفاعلات المستخدمة صغيرةً جداً لتشغيل السفن والغواصات، وتطلب ذلك في بداية الأمر وقوداً نووياً عالي التخصيب يبلغ تركيز يورانيوم-235 فيه نسبة 90%، ثم انخفضت النسبة اليوم إلى 20-25% في المفاعلات الأمريكية ونحو 50% في المفاعلات الروسية، وتستخدم المفاعلات من نوع مفاعلات الماء المضغوط لتُنتج طاقةً تزيد بمقدار 108 مرات عن الطاقة الناتجة من كميةٍ مكافئة من الوقود الكيميائي.



على صعيد محركات المركبات الفضائية، فقد جرى تطوير نظامي دفع باستخدام المفاعلات النووية وهما نظام الدفع الحراري النووي ونظام الدفع النووي الكهربائي



أما على صعيد محركات المركبات الفضائية، فقد جرى تطوير نظامي دفع باستخدام المفاعلات النووية وهما نظام الدفع الحراري النووي ونظام الدفع النووي الكهربائي، يعمل الأول على تسخين وقود الهيدروجين السائل حتى يصل إلى 2500 درجة مئوية ليُطرد الغاز من خلال فوهةٍ تولد الدفع وفقاً لقانون نيوتن الثالث، بينما يعمل نظام الدفع النووي الكهربائي على تحويل الطاقة النووية إلى كهرباء تعمل على تسريع الأيونات إلى سرعاتٍ عاليةٍ تخرج من الفوهة معطيةً الدفع للمحرك. ولقد استخدم هذا النظام في الكثير من البعثات المدارية خاصة السوفييتية، وبشكلٍ عام فإن استخدام الدفع النووي أجدى من الدفع الكيميائي التقليدي ولا سيما في البعثات الطويلة ذات الحمولة الصغيرة التي تتطلب تزويداً مستمراً بالطاقة.

كما تُستخدم مصادر الطاقة المشعة في أجهزةٍ صغيرةٍ جداً، مثل: البطاريات للحصول على الطاقة في مهامِ استكشاف الكواكب والفضاء، مثل مولدات الانبعاث الأيوني الحراري للنظائر المشعة التي تستخدم فيها الحرارة النووية لإحداث فرق جهدٍ كهربائي بين قطبين كهربائيين أو المولدات الكهروحرارية التي تعمل بالنظائر المشعة، إذ تُستخدم الحرارة الناتجة من الاضمحلال الإشعاعي في تسخين وصلةٍ ثنائيةٍ مصنوعةٍ من أشباه الموصلات. ولقد وُظفت هذه التقنية في مسبار فوياجر،



بعثة جاليليو إلى كوكب المشتري، ومهمة كاسيني لدراسة كوكب زحل، واستخدمت كذلك إلى جانب الألواح الشمسية في مركبة كيروسيتي روفر التي هبطت على كوكب المريخ في عام 2012م[9].

## مفاعلات إنتاج النظائر المشعة

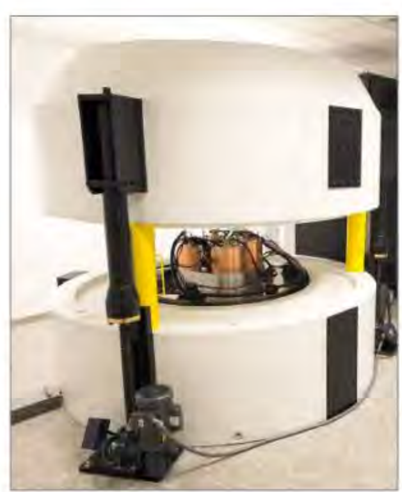
النظائر المشعة هي نظائر العناصر الكيميائية التي تحتوي على فائضٍ من الطاقة يخرج على شكل إشعاعٍ مستمرٍ لفتراتٍ زمنيةٍ تتراوح بين الدقائق المعدودة إلى آلاف السنوات، وتوجد النظائر في الطبيعة ويُمكن إنتاجها صناعياً في المفاعلات عن طريق انشطار المادة المستهدفة عند قصفها بالنيوترونات، وتُستخدم في مجالاتٍ مختلفةٍ مثل الطب النووي، الزراعة، الصناعة، ومراكز الأبحاث العلمية[10].

**- المنظمة الأوروبية للأبحاث النووية (سيرن):**
تأسست المنظمة الأوروبية للأبحاث النووية في عام 1954م بالقرب من جنيف في سويسرا، ويعمل بها

تتميز محطات الطاقة النووية بقدرتها على العمل باستمرارٍ ودون انقطاعٍ، وتستطيع تحمّل حالات الطقس المتطرفة بأمانٍ نسبيٍ عالٍ، مما دفع الكثير من الدول إلى تبنّي الطاقة النووية

الفيزيائيون والمهندسون على محاكاة الظروف الأولية للكون في لحظات ولادته الأولى للبحث في بنيته الأساسية والبحث عن إجاباتٍ للكثير من التساؤلات القائمة في فيزياء الجسيمات وفيزياء الطاقات العالية.

يضم مختبر سيرن أكثر من تسعة مسرعاتٍ قائمة بالفعل أو في طور البناء، وكاشفات بُنيت لغرض مراقبة وتسجيل نتائج الدراسات التي تُجرى على النظائر المشعة والجسيمات الأساسية، إذ تُسرّع الجسيمات







بسرعاتٍ عاليةٍ تقتربُ من سرعة الضوء لتصطدم إما بعضها ببعض أو بهدفٍ ثابتٍ، مما يولد ظروفاً تتيح دراسة تفاعل الجسيمات وتعطي صورةً أقرب إلى فهم القوانين الأساسية للطبيعة[11].

**الطب النووي:**

تُستخدم النظائر المشعة في المجال الطبي في التشخيص، والعلاج، والتعقيم، وذلك عبر إعطاء المريض جرعاتٍ صغيرةً من المادة المشعة التي تُحقن غالباً في مجرى



تُستخدم النظائر المشعة في المجال الطبي في التشخيص، والعلاج، والتعقيم، وذلك عبر إعطاء المريض جرعاتٍ صغيرةً من المادة المشعة التي تُحقن غالباً في مجرى الدم

الدم، لتعطي عبر أجهزة رصد الإشعاع الناتج عن تحللها صوراً ثلاثية الأبعاد لا يمكن الحصول عليها عبر التقنيات الأخرى، مما يساهم في الكشف المبكر للأمراض والأورام ورفع دقة التشخيص.

التصوير المقطعي بالإصدار البوزيتروني هو إحدى التقنيات والتصوير التشخيصي المعتمدة على النظائر المشعة، إذ تُعطى المريض حقنةً من نظيرٍ مُشع ذي عمرٍ إشعاعي قصير يكون الفلور-18 غالباً، وحين يبدأ بالتحلل من نوع انحلال بيتا تُطلق البوزيترونات (المادة المضادة للإلكترونات) التي لا تلبث أن تصطدم بإلكترونات، فتفنى المادة وضديدها وتبعث فوتوناتٍ من نوع أشعة جاما يتم رصدها بالكاميرات المتصلة بالحاسوب لتعطي صورةً ثلاثية الأبعاد للعضو المراد تصويره[12].

كما يشمل الطب النووي تطبيقاتٍ علاجيةً قيّمةً إضافةً إلى تقنيات التصوير التشخيصي، مثل علاج اللوكيميا (سرطان الدم)، واستخدام اليود المشع لعلاج فرط



نشاط الغدة الدرقية وسرطان الغدة الدرقية، وكذلك العلاج المناعي الإشعاعي الذي يخضع له مرضى السرطان الذين لا يستجيبون للعلاج الكيميائي، وهو علاجٌ شخصيٌّ للسرطان يجمع بين العلاج الإشعاعي والقدرة على استهداف العلاج المناعي، ويُحاكي النشاط الخلوي في جهاز المناعة في الجسم[13].

**- الزراعة والصناعة:**

من ناحيةٍ أخرى، تستخدم النظائر المشعة في مجال الزراعة، والغذاء، وتحسين الإنتاج الغذائي، إذ يمكن تحسين استخدام الأسمدة التي يُمكن أن تُلحق الضرر بالبيئة إذا أسيء استخدامها من خلال الإشعاع، ويتمثل أحد أساليب مكافحة الحشرات في استخدام المحاصيل المعدلة وراثياً مما يقلل الحاجة إلى المبيدات الحشرية.

كما يمكن من خلال تعريض البذور أو أجزاء من النبات إلى الإشعاع مثل أشعة جاما الإسهام في إحداث أو مضاعفة طفراتٍ وراثيةٍ مرغوبة، وأمكن من خلال التحفيز الإشعاعي وزيادة المحاصيل ثلاثة أضعاف في العقود القليلة الماضية؛ مما ساعد على تحسين التغذية وتحقيق الأمن الغذائي في عدة دولٍ مثل بنجلاديش وأجزاءٍ أخرى من آسيا.

وفي المجال الصناعي يستخدم الباحثون النظائر المُشعة



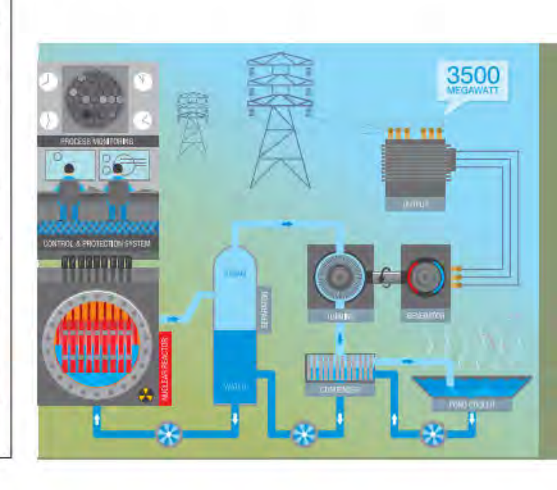
يمكن من خلال تعريض البذور أو أجزاء من النبات إلى الإشعاع مثل أشعة جاما الإسهام في إحداث أو مضاعفة طفراتٍ وراثيةٍ مرغوبة، وأمكن من خلال التحفيز الإشعاعي وزيادة المحاصيل ثلاثة أضعاف



ذات العمر الإشعاعي القصير حتى لا تترك بقايا في البيئة، ويتمثل استخدامها كأدوات رصد لكشف تدفق السوائل، والترشيح، واكتشاف التسربات، وقياس تآكل المحركات والمعدات، إذ تجري عملية القياس عبر رصد كمية الإشعاع من مصدرٍ يتم امتصاصه في المواد.

وما يميز هذه الطريقة هو جدوى استخدامها في العمليات ذات الحرارة العالية، والضغط، أو في المواد المسببة للتآكل، مما يجعل استخدام وسائل القياس المباشر أمراً شبه مستحيلاً[14].

لقد أعطتنا تطبيقات الطاقة النووية زخماً في مختلف مجالات التقدم العلمي منذ بداية تاريخها وحتى اليوم، وقامت التقنيات النووية الحديثة برفع كفاءة استخدام الطاقة النووية بأقل التكاليف الممكنة، وتضمن مستويات الأمن والسلامة المرتبطة باستخدام الطاقة النووية التي تقلل من قبول المجتمعات لها. كما أن استمرار استخدام الطاقة النووية لتوليد الكهرباء يفرض عدداً من التحديات أمام الباحثين تتمثل في تطوير المواد المستخدمة في بناء المفاعلات وتحسين مقاومتها لعوامل الإشعاع والحرارة، واستكشاف أنظمةٍ جديدةٍ تساعد على تحسين تحمّل الحوادث دون خسارةٍ في كفاءة أداء المفاعلات[15]، وضمان تحقيق تخلصٍ آمنٍ من النفايات المشعة سواء بقايا الوقود النووي، وملابس وأدوات العاملين في المحطات النووية، وحتى المفاعلات النووية بأكملها عند توقفها عن العمل والتخلص منها.




## المراجع

1 Outline History of Nuclear Energy. World Nuclear Association. (متصل) Jan. 2018. http:// https://goo.gl/i6NjtK.

2 Nuclear Power Plants. Worldwide. European Nuclear Socity. [متصل] https://goo.gl/Kra9ML.

3 Mishkat. [متصل] Apr. 2018. https://mailchi.mp/mishkat/2018 1396721.

4 Nuclear Energy. National Geographic. [متصل] https://goo.gl/81BTzo.

5 Nuclear Power in the USA. World Nuclear Assocition. [متصل] Mar. 2018. https://goo.gl/5VE3Aq.

6 Uranium and Nuclear Power Facts. Natural Resources Canada. [متصل] MAr. 2018. https://goo.gl/xfkQwj.

7 Other Uses of Nuclear Energy. Nuclear Physics Experience. [متصل] https://goo.gl/YQWmzP.

8 Radioisotope production in research reactors. International Atomic Energy Agency. [متصل] https://goo.gl/ntgKoQ.

9 CERN. [متصل] https://goo.gl/uddbdX.

10 Nuclear Medicin and Molecular Imaging. Stanford Medicin. [متصل] https://goo.gl/4qrQg9.

11 General Molecular Medicin. Radiologyinfo. [متصل] https://goo.gl/NdbnDs.

12 The Many Uses of Nuclear Technology. World Nuclear Association. [متصل] May. 2017. https://goo.gl/sxmjVJ.

13 Materials challenges in nuclear energy. G.S.Was. S.J.Zinkle. 3, مكان غير معروف : Acta Materialia, 2013. العدد 16.





في القرن الثاني الهجري (الثامن الميلادي)، قال العالم والفيلسوف العربي جابر بن حيان (-120 200هـ)، ناصحاً تلاميذه بالاهتمام بالمنهج التجريبي الاستقرائي في البحث العلمي: «وأول واجب أن تعمل وتُجري التجارب، لأن من لا يعمل ويُجري التجارب، لا يصل إلى أدنى مراتب الإتقان، فعليك يا بني بالتجربة لتصل إلى المعرفة».

ومثل جابر بن حيان، قال أبو عبد الله القزويني (606-682هـ)، صاحب كتاب «عجائب المخلوقات وغرائب الموجودات»، في القرن السابع الهجري (الثالث عشر الميلادي)، داعياً إلى الصبر والمثابرة على البحث العلمي: «إياك أن تفْتر أو تعتل، إذا لم تُصب (الهدف) في مرة أو مرتين، فإن ذلك قد يكون لفقد شروط أو حدوث مانع، فإذا رأيت مغناطيساً لا يجذب الحديد، فلا تنكر خاصيته، واصرف عنايتك إلى البحث عن أحواله حتى يتضح لك أمره».

# خصوصيات اللغة العلمية العربية وضرورات تنميتها المستدامة



أ. د. أحمد فؤاد باشا

عضو مجمع اللغة العربية بالقاهرة



وفي القرن الثالث عشر الميلادي، أيضاً، قال روجر بيكون Roger Bacon (1214-1294م) الفيلسوف الإنجليزي والراهب الفرانسيسكاني الذي درس في أكسفورد وباريس، وتعرف علوم الحضارة العربية الإسلامية، وأعجب بها كثيراً، مما جعله يوقف حياته للدعوة إلى المنهج التجريبي، بعد أن وجده سمة العلوم الطبيعية في الحضارة الإسلامية، ووصلت به الجرأة في تحرير الفكر إلى العمل على عدم المبالغة في تقديس أرسطو (ت 332ق.م)، والاعتماد على التجربة، بدلاً من التسليم بما قال به القدماء، كان يقول: «إنه باتباع المنهج التجريبي، الذي كان له الفضل في تقدم العرب، فإنه يصبح بالإمكان اختراع آلات جديدة تيسر التفوق عليهم.. ففي الإمكان إيجاد آلات تمخر عباب البحر دون مجداف يحركها، وصنع عربات تتحرك من دون دواب الجرّ، وإيجاد آلات طائرة يستطيع المرء أن يجلس فيها، ويدير شيئاً تخفق به أجنحة صناعية في الهواء، مثل أجنحة الطير».

## أحسن فكرة

ربما يكون من قبيل «الحداثة» في الفكر العلمي ومنهجيته أن نذكر في هذا السياق ما قاله الكاتب الأمريكي المعاصر ريتشارد باورز Richard Powers في مقال نشرته جريدة «نيويورك تايمز» في 18 إبريل 1999م، بعنوان «أحسن فكرة شهدتها الألفية الثانية». إذ أوضح أن الحسن بن الهيثم (965-1042م)، باستخدامه للمنهج التجريبي الاستقرائي في حل معضلتيّ الضوء والإبصار، قد دلّ على سرّ التقدم واختراع المستقبل، الذي يعزى إليه كل ما حدث بعد ذلك من اكتشافات وثورات علمية وتقنية كبرى. ثم أردف الكاتب الأمريكي قائلاً: «ولعل فكرة ابن الهيثم سوف تظل الأفضل في الألفية الثالثة أيضاً».

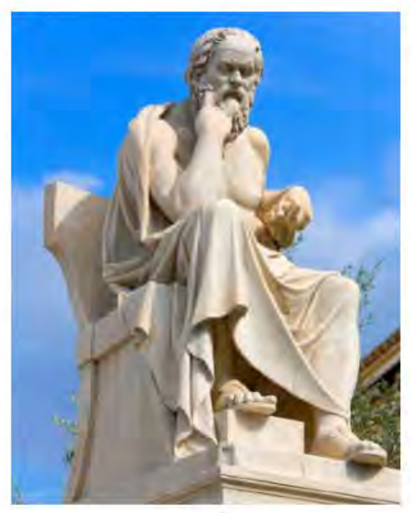
## بين اللغتين العلمية والأدبية

هكذا نجد أن اللغة العلمية عموماً تتميز بالبعد من المبالغة والذاتية، والاستمساك بالمنهجية الموضوعية، والارتباط بحقائق الواقع، فهي لغة المختصر المفيد، والسهل الممتنع، في وضوح وصراحة وأمانة ودقة.

أما صفة الموضوعية فإنها تعني عدم خضوع الحقائق والمفاهيم العلمية، وسلوك الظواهر الكونية في الآفاق وفي الأنفس، إلى أهواء الباحث وأمانيه الشخصية. وإذا كانت اللغة العلمية تشترك مع لغة الأدب، من نثر وشعر، في بلاغة المعنى، ودقة التعبير، واتساع الخيال والقدرة على التخيُّل، إلا أنها تترك له بلاغة المبنى وسحر البيان. ويزيد الدكتور إبراهيم الدمرداش هذا الفرق بين لغة الأدب ولغة العلم توضيحاً بقوله: «وإنك لترى الأديب في أدبه غواصاً يطلب اللآلئ من الأصداف، وسائراً في أدبه بظهره، ناظراً إلى الماضي وما قد سلف، وترى العالم بنّاءً يصنع الدرَّ بإذن الله، سائراً في

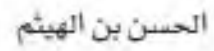
جابر بن حيّان





أرسطو





الحسن بن الهيثم

علمه بصدره، متطلعاً إلى المستقبل، وما سوف يخلف. ولذلك كانت المعاجم اللغوية جامدة، ترجع في فحواها إلى ما سبق، وفي فقهها إلى الأوائل.

أما المعاجم العلمية ففي زيادة مطردة، تُضيف أسماءً جديدة إلى مسميات ومخترعات، وتقتبس من غيرها من اللغات تعريباً وتوليداً، وتزيد من التعبيرات والمصطلحات، لتفي بالحاجة المتطورة إلى مزيد من الدقة والشرح».

## ثورة تعريب شامل

> إذا كانت اللغة العلمية تشترك مع لغة الأدب، من نثر وشعر، في بلاغة المعنى، ودقة التعبير، واتساع الخيال والقدرة على التخيُّل، إلا أنها تترك له بلاغة المبنى وسحر البيان

لهذا فإننا نؤكد، من جانبنا، أن لغتنا العربية لن تستطيع أن تستعيد عالميتها التي كانت عليها في عصر الازدهار الإسلامي الأول، ولا أن تحقق تنميتها الشاملة المستدامة في مواجهة تحديات «العولمة اللغوية» المهيمنة في عصرنا، وفي منافسة اللغات الحضارية المتفوقة التي يسعى أبناؤها إلى إحراز قصب السبق نحو العالمية، إلّا بثورة «تعريب شامل»، وإعداد «مدوّنة حصرية» لكل المصطلحات العلمية والتقنية، التراثية والمعاصرة، مما يمهد لرقمنتها وحَوْسبتها، وفق خطة مدروسة، نحو هدف عزيز وغالٍ، تُستحث لأجله الهمم والعزائم على جميع المستويات. وهذا هو الضمان الوحيد، فيما نرى، لأن تعيش لغتنا العربية الجميلة في تطور وازدهار مستمرّين ومتسارعين، وفقاً لما تكشف عنه بحوث العلماء من أسرار، وما تجود به قرائحهم من تجديد وابتكار في الحاضر والمستقبل.

ويعزز دعوتنا إلى هذه الثورة اللغوية المنشودة- إذا جاز

فيرنر كارل هيزنبرج

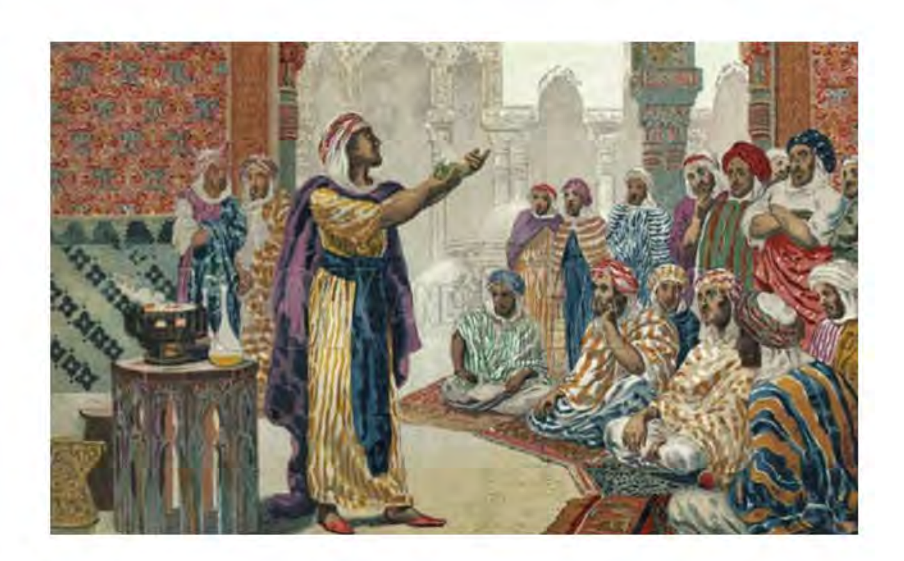
التعبير- أن لغة العلم، بمصطلحاته ومقولاته وقوانينه ونظرياته ومنهجيته وأدواته، ونبْل رسالته وغاياته، عالمية بطبيعتها، من حيث أصولها واستعمالاتها ومجالاتها الدلالية، بل القضايا العلمية والفكرية واللغوية التي أفرزتها فيما نطلق عليه «علوم العلم».

ويكفي دليلاً على ذلك أن اللغة العلمية تتجاوز دائماً- بفضل هذه الخصوصية- لغتها التي تكونت فيها إلى لغات أخرى متعددة في كل قارات الأرض، فضلاً عن أن لغة العلم التخصصي تلتحم، بدرجات متفاوتة، مع علوم أخرى في المنظومة المعرفية الإنسانية بتصنيفاتها المختلفة، على نحو ما نجد من ألفاظها الكثيرة المتداولة في الخطاب الحضاري المعاصر بكل أنواعه: الثقافي، والإعلامي، والفني، والسياسي، والديني، إلى آخره، بما في ذلك الخطاب الثقافي العربي، وما تضمنته معاجم حديثة، مثل «المعجم الكبير»، و«المعجم الوسيط»، و«المعجم الوجيز».

## مشترك إنساني

يدلل عالم الفيزياء النظرية الألماني «فيرنر كارل هيزنبرج» Werner Karl Heisenberg (1901-1976م) على أهمية «الموضوعية» التي تتميز بها المعرفة العلمية ولغتها بقوله في محاضرة ألقاها على طلاب جامعة جوتنجن عام 1946م: «لقد تعلمت أولاً أنه لا يهم إطلاقاً- عند محاولة تفهم التركيب الذري- إذا ما كنت ألمانياً، أو دنماركياً، أو إنجليزياً، وتعلمت شيئاً آخر ربما كان أكثر أهمية، هو أنه من الممكن أن تقرر الشيء الصحيح والشيء الخاطئ، لم يكن الموضوع موضوع اعتقاد، أو تصور، أو فرض، فالموضوع ببساطة، إما أن تكون الجملة صحيحة، وإما أن تكون خاطئة، ليس لأصل الإنسان، أو نوعه، أي تدخل في الفصل في هذا الموضوع، إن القوانين الطبيعية هي التي تحكم، أو قل: إن الله وليس الإنسان هو الذي يحكم».

ويضرب هيزنبرج المثل على ذلك بقوله: «عندما عدت إلى كمبردج في صيف عام 1925 وتحدثت عن عملي مع مجموعة من المنظرين، كان هناك من بين الحاضرين طالب موهوب لم يتعدّ الثالثة والعشرين من العمر، أخذ مشكلاتي وكوّن منها خلال بضعة أشهر نظرية معقولة عن الغلاف الذري، كان اسمه «ديراك» -الفيزيائي البريطاني بول أدريان موريس ديراك (Paul Adrien Maurice Dirac 1902-1984) - وكانت له مقدرة رياضياتيّة فذّة، وكانت طرقه في التفكير مختلفة تماماً عن طرقي، وعلى الرغم من ذلك فقد وصل في النهاية إلى النتائج نفسها التي توصلت إليها مع «بورن» - العالم الفيزيائي ماكس بورن (Max Born 1882 1970)- و«جوردان» - الفيزيائي باسكوال جوردان (Pascual Jordan (1902-1980- على الأقل بالنسبة إلى النقاط ذات الأهمية. وكان في هذا



التعضيد، وفي حقيقة أن النتائج كانت مكملة في جمال، إثبات جديد «لموضوعية» العلم واستقلاله عن اللغة والسلالة والمعتقدات».

ويُستخلص من هذا التقرير أن «الموضوعية، بمفهوم أشمل، تعني أن المعرفة العلمية ذات طبيعة عالمية، ويشترك علماء العالم في بحث قضاياها بعلاقة متساوية، مهما اختلفت الزاوية التي يشاهدون منها».

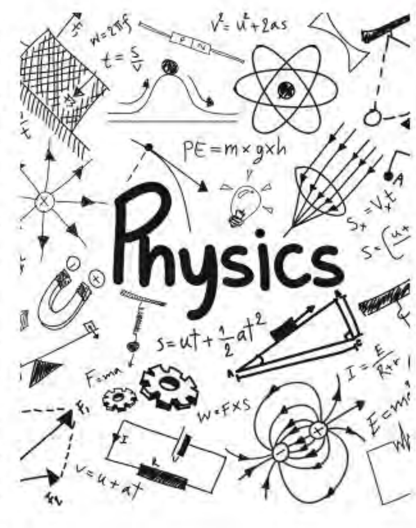
> المعاجم العلمية في زيادة مطردة، تُضيف أسماءً جديدة إلى مسميات ومخترعات، وتقتبس من غيرها من اللغات تعريباً وتوليداً، وتزيد من التعبيرات والمصطلحات، لتفي بالحاجة المتطورة إلى مزيد من الدقة والشرح

ونضيف من جانبنا- بعبارة أخرى- أن قضايا العلم أيضاً عالمية، يسهم في حلّها كل علماء العالم.

ويعبر هيزنبرج عن هذا المعنى بقوله: «عندما انتهيت من امتحان الدكتوراه، توجهت إلى كوبنهاجن في خريف عام 1924 لكي أعمل مع «بور» – الفيزيائي الدنماركي «نيلز بور» Niels Bohr (1885 1962)- وهناك تعرفت بمجموعة من الشبان من مختلف الجنسيات، من إنجلترا وأمريكا والسويد والنرويج وهولندا واليابان، كلهم يريدون العمل في الموضوع نفسه، نظرية «بور» الذرية، واشترك الجميع دائماً فيما يشبه العائلة.. واستطعت أن أرى بوضوح أكثر كيف يختفي التباين بين الشعوب والسلالات إذا ما تركزت الجهود في مشكلة علمية معينة».

## خصوصيات اللغة العلمية العربية

من خصوصيات اللغة العلمية العربية مُسمَّياتُ مصطلحاتها، وهي نوعان: الأول هو نوع المسميات المجردة




التي تدرك بالذهن إدراكاً مجرداً، فهي مما لا يُعيَّن يقيناً بالحواس، وتمثلها مصطلحات كثيرة من علوم الرياضيات والطبيعيات، ومثالها الجبر والمقابلة، والمجهول، والمعلوم، والمعقول، والقياس، والبرهان... إلى آخره؛ والثاني هو نوع المسميات الحسِّيّة التي يشترك في إدراكها الذهن والعيان، فهي مما يُعيَّن بالحواس تعييناً؛ لأنها أشكال وأجسام لها ذوات وأبعاد، وأشهر ما يمثلها مصطلحات المواليد، أي أسماء النبات، والحيوان، والمعادن، والكواكب، والنجوم، والمرآة، والمخروط، ونحوها.

ويلاحظ أن المسمّيات المواليدية من نبات وحيوان ومعادن تختلف باختلاف البيئات الطبيعية لاختصاص بعضها دون بعض بمواليد لا تشاركها فيها بيئات أخرى، وينشأ عن هذا ما يسمى «مشكلة الخانات المصطلحية الفارغة»؛ لأن تسمية ما تختص به البيئة الصحراوية، مثلًا، تقابله «خانات فارغة» في الواقع اللغوي لبيئة أخرى بحرية أو ساحلية أو قطبية؛ ولهذا فإن المترجمين والمؤلفين القدامى كانوا يلجؤون إلى سكّ المصطلحات المولَّدة بالتعريب أو الترجمة الحرفية، وقد بقيت هذه المصطلحات العلمية لصيقة الدلالة بالأصول التي ترجمت منها؛ لأنها نقلت إلى لغة فيها كثير من الخانات الفارغة، وربما كانت العجمة وقلة الاختصاص في مقدمة الأسباب التي جعلتهم يعجزون عن إيجاد المقابلات العربية لمصطلحات لا ترتبط بأشياء ذات أعيان، مثل المواليد، بل ترتبط بمفاهيم قابلة للتجريد.

ومن أهم خصوصيات اللغة العلمية العربية، أيضاً، أسماء الأجهزة والآلات والأدوات العلمية والتقنية، والتعريف الواضح بها، من حيث تركيبها، ومدى دقتها، والطريقة المثلى لاستعمالها، وأول من ابتكرها أو طورها. ومن أمثلة هذه الأجهزة والأدوات نذكر الموازين المستخدمة لتقدير الأثقال في تعيين كثافة بعض الأجسام الصلبة والسائلة، وفي تحضير الأدوية ومزجها بمقادير معلومة، وفي التمييز بين الفلزات الثمينة والأحجار الكريمة وبين تلك التي تكون مشوبة أو غير نقية. وهناك أيضاً موازين استواء السطوح والأجهزة المساحية لمعرفة صعود مكان ما على مكان آخر من الأرض.

وهناك غير ذلك كثير من الأجهزة والأدوات الفلكية والكيميائية والطبية والهندسية، وأجهزة القياس والمعايرة القديمة والحديثة، وغيرها.

لغتنا العربية لن تستطيع أن تستعيد عالميتها إلّا بثورة «تعريب شامل»، وإعداد «مدّونة حصرية» لكل المصطلحات العلمية والتقنية، التراثية والمعاصرة، مما يمهد لرقمنتها وحَوْسبتها، وفق خطة مدروسة

ونذكر أيضاً من خصوصيات اللغة العلمية العربية التي تشاركها فيها لغات العالم المختلفة وحدات القياس المرجعية والمشتقة في النظام العالمي للوحدات Système International d'Unités. وقد اتخذ «المتر العياري» الوحدة النموذجية لقياس المسافة (الطول)، كما اتخذ «الكيلوجرام العياري» الوحدة النموذجية لقياس الكتلة، واتفق على أن «الثانية» هي الوحدة الأساسية لقياس الزمن. ويعرف هذا النظام الدولي للوحدات باسم «نظام المتر كيلوجرام ثانية» MKS System.

وتستخدم أجهزة وأدوات كثيرة لقياس الكميات الفيزيائية المختلفة، بعضها بسيط يعتمد على القراءة المباشرة، مثل «الڤولتميتر» لقياس وحدات «الڤولت» للجهد الكهربي، و«الواطميتر» لقياس وحدات «القدرة الكهربية» بالواط، و«الأمبيروميتر» لقياس «شدة التيار الكهربي» بوحدات «الأمبير».

وهذه المصطلحات، على الترتيب، تنسب إلى علماء مشهورين هم: الفيزيائي الفرنسي «أندريه ماري أمبير» André Marie Ampere (1775 1836م)، والمخترع الإسكتلندي جيمس واط James Walt (1736-1819م)، والفيزيائي الإيطالي الكونت أليسَّاندرو ڤولطا (1745-1827م).

أما بالنسبة إلى وحدات القياس المشتقَّة، فنلاحظ في حياتنا اليومية، وفي المعامل الدراسية، وفي الأبحاث والدراسات العلمية، أنه عند قياس كميات فيزيائية كبيرة أو صغيرة قد نحتاج إلى استخدام وحدات أخرى هي مضاعفات لوحدات القياس الأساسية أو أجزاء منها.

وتعرف هذه المسميات لمضاعفات وحدات القياس الأساسية وأجزائها باسم «البادئات القياسية» Standard Prefixes. وقد دخلت الألفاظ الدالة على ذلك في لغات العالم المختلفة، بما فيها اللغة العلمية العربية. ويلخص الجدول الآتي هذه الوحدات المشتقة، وعلاقة كل منها بالوحدة الأساسية المشتقة منها، والرموز المعبرة عنها طبقاً للنظام الدولي للوحدات:

| البادئة | الرمز | المقدار |
|---|---|---|
| إكسا | Exa | 1018 E |
| بيتا | Peta | 1015 P |
| تيرا | Tera | 1012 T |
| جيجا | Giga | 109 G |
| ميجا | Mega | 106 M |
| كيلو | kilo | 103 k |
| هكتو | hecto | 102 h |
| ديكا | deca | 10 da |
| ديسي | deci | 1 10 d |
| سنتي | centi | 2 10 c |
| ميللي | milli | 3 10 m |
| ميكرو | micro | 6 10 m |
| نانو | nano | 9 10 n |
| بيكو | pico | 12 10 p |
| فمتو | femto | 15 10 f |
| أتو | atto | 18 10 a |

أما استخدام الرموز والمعادلات الرياضياتية، فيعدّ مما تتميز به اللغات العلمية عموماً، وتؤكد وثائق تاريخ العلوم أن بداية الرمزية في الجبر كانت في عصر الازدهار الإسلامي على أيدي علماء الرياضيات المغاربة في القرن الثامن الهجري (الرابع عشر الميلادي)، بينما ينسبها بعضهم إلى الفرنسي «فرانسيسكو ڤيتا» F. Vieta. ويذكر ابن خلدون أن ابن البناء المراكشي (ت 721 هـ/ 1321م) استخدم رموزاً في براهينه لغرض النقاش المجرَّد، واستعمل كل من العالمَين ابن القنفذ الجزائري ويعقوب بن أيوب المراكشي هذه الرموز في شرحهما لكتاب ابن البناء «تلخيص أعمال الحساب».

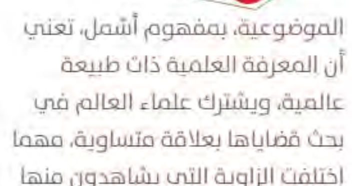
وقد استطاع العالم الأندلسي أبو الحسن علي بن محمد القلصادي (المتوفى في المغرب عام 891هـ/ 1486م) أن يضع مجموعة متطورة من الرموز الجبرية العربية؛ فقد استعمل لعلامة الجذر الحرف الأول من كلمة «جذر»: (جـ)، أي ما يقابل علامة الجذر، وللمجهول الحرف الأول من كلمة «شيء»: (شـ) يعني س، والمربع المجهول الحرف الأول من كلمة «مال» التي استخدمها الخوارزمي: (مـ) يعني س2، والمكعب المجهول الحرف الأول من كلمة «كعب»: (ك) يعني س3، والمربع مربع المجهول «مال المال»: (مـ مـ) أي س4، ولعلامة المساواة بالحرف ل (من يعدل)، أي ما يقابل (=)، وللنسبة ثلاث نقط (\) أي ما يقابل (:)، أما علامة الجمع فكانت عطفاً بلا (واو)، أي تكتب الحدود المجموعة بجانب بعضها البعض. ويتجنب القلصادي عملية الطرح بنقل الحد المطروح مباشرة إلى الطرف الثاني من المعادلة.

فمثلاً المعادلة (ل 38) تعني بالرموز الحديثة (س2 + 19س = 38) والمقدار يعني (49).

وهكذا مهّد علماء الحضارة الإسلامية للانتقال من لغة الكلمات إلى لغة الرموز في التعبير عن المعادلات والقواعد الجبرية. وقد يبدو للبعض أن استحداث التعبير بالرموز أمر قليل الأهمية ولا يدخل في صلب الأسس المنهجية لعلم الجبر، وهذا اعتقاد خاطئ تماماً؛ لأن استعمال الرموز قد ساعد كثيراً على تبسيط إجراء العمليات الحسابية والجبرية، فضلاً عن أهميته الخاصة في بناء الأنساق الرياضياتية المجردة، بل إن تأخر تحقيق هذا الإنجاز المهم كان سبباً رئيساً في تباطؤ تطور علوم الرياضيات. ولم يبدأ ظهور الرموز الجبرية في أوروبا إلا عندما ظهرت إشارتا الجمع (+) والطرح (-) أول مرة في كتاب للعالم التشيكي «وايدمان» نحو عام (1489م)، ثم ظهرت رموز أخرى بداية من القرن السادس عشر الميلادي عند علماء ألمان وإيطاليين وفرنسيين.

الخوارزمي






ومن مظاهر العالمية التي تختص بها اللغة العلمية العربية، وتشاركها فيها كل لغات العالم، استخدام الاختصارات، والأرقام، والأشكال التوضيحية، والرسوم، والجداول، وغيرها. وفي هذا كله إيجاز يغني عن صفحات من الكلام، ويختصر الطريق إلى الفهم والإقناع. ولولا كل هذه الوسائل التي تُعين على التعيين والتحديد في الكم والمقاس، لما أمكن للعالم، أو المهندس، أو غيرهما من المشتغلين بالعلوم الرياضياتية والتجريبية والتطبيقية أن يعبّروا عما يريدون في محيط فكرهم وعملهم. ولو أنهم اقتصروا على حروف الهجاء وألفاظ اللغة، كما هي الحال في لغة الأدب، ومعظم فروع العلوم الإنسانية، لأعيتهم الحيل، وسدَّت أمامهم السبل.

ومن شأن كل هذه الوسائل والأدوات المستخدمة للتعبير عن الكميات العلمية بمقاديرها أن تجعل اللغة العلمية عموماً، ومنها لغة العلم العربية، عالمية متميزة عن اللغة «الوصفية» العامة التي نستخدمها في حياتنا اليومية. فالتعبير عن اللون- مثلاً- في لغة المعرفة العلمية هو تحديد طول الموجة الضوئية وموضعها في الطيف الكهرومغناطيسي الذي يضم جميع الموجات المشتركة في عدد من خواصها، مثل موجات الراديو والتلفزيون، وموجات الأشعة الكونية والأشعة السينية وأشعة جاما، وغيرها.

ويقاس تقدم أي علم من العلوم بمقدار دقة تعريف المصطلح والمفاهيم الواردة فيه، والتعبير عنها بمقادير كمية. وهذا يتضح من المقارنة، مثلاً، بين العلوم الطبيعية الأساسية، كالفيزياء والكيمياء، وبين العلوم الإنسانية، كالاجتماع والتاريخ. فالعلوم الطبيعية وصلت بلغتها إلى مرحلة استخدام صيغ رياضياتية دقيقة تعبر عن النتائج التي تصل إليها في معظم فروعها، بينما معظم العلوم الإنسانية لا تزال تستخدم مفاهيم تفتقر إلى التعبير الكمي الدقيق، من قبيل «طبقة»، و«مجتمع» و«جماعة»، وغيرها. وقد حدا هذا ببعض العلوم الإنسانية إلى التشبّه بالعلوم التجريبية في اصطناع مناهج للبحث، واستخدام المنهج الإحصائي لتحويل الكم إلى كيف، أو التعبير عن الظواهر بأعداد أو نسب مئوية، والمقارنة بينها لإمكان معرفة أكثر الظواهر تأثيراً، مثل ما يتبع في طرق البحث الاجتماعي على سبيل المثال. لكن النتائج الإحصائية في مثل هذه الحالات لا تُعدّ نهائية، ويختلف تفسيرها من باحث إلى آخر، بعكس النتائج العلمية لظواهر العلوم الطبيعية. من أجل هذا كانت أجهزة القياس الدقيق من أهم أدوات اللغة العلمية التي تكتسب دقتها من مدى دقة تعبيرها عن مقولات العلم وحقائقه.

استطراداً لما ذكرناه عن خصوصيات اللغة العلمية وطبيعتها العالمية، والتحامها في كل مراحل تطورها مع كل جديد يكشف عنه نشاط العلماء والباحثين في مختلف المجالات، مما يجعلنا نسبغ عليها أيضاً أنها «لغة مستقبلية»، بمعنى ارتباطها الوثيق، وتأثرها العميق بما تفرزه العلوم من أفكار ونظريات، وبما تحرزه التقنية من أجيال المخترعات، فإننا نشير هنا إلى ما ذكره «بيل جيتس» Bill Gates في كتابه «المعلوماتية بعد الإنترنت» (طريق المستقبل) (The Road Ahead) الصادرة في 1995 عن توقعاته لمستقبل الرقمنة والحوسبة بقوله: «عبر الطريق السريع للمعلومات، سيصبح بإمكان وثائق إلكترونية ثريّة المحتوى فعل أشياء لا يمكن لقطعة من الورق أن تفعلها، فسوف تتيح لها تقنية قواعد بيانات

الطريق السريع للمعلومات عالية الفاعلية أن تُفهرَس، ويتم استرجاعها بالاستعراض المتفاعل لمحتوياتها. وسوف تحل هذه الوثائق الرّقمية الجديدة محل الكثير من الوثائق المطبوعة على الورق... وفي المستقبل القريب، سوف تكون بالإمكان محاكاة الواقع بكل وجوهه بإحكام متزايد، وسيتيح لنا هذا «الواقع الافتراضي» أن «نذهب إلى» أماكن، وأن «نفعل» أشياء لن يتسنى لنا أبداً أن نذهب إليها، أو أن نفعلها بأيّ طريقة أخرى.. ونصيحتي هي أن تستعلم بالسرعة الممكنة عن التقنيات التي تتصل بحياتك، فكلما ازدادت معرفتك بها، بدت أقل إرباكاً بالنسبة إليك».

وينقلنا الدكتور نبيل علي- رائد الحوسبة اللغوية- في كتابه «العرب وعصر المعلومات» إلى إشكالية اللغة كما لم يحدث لها من قبل، بعد أن أظهرت المواجهة بينها وبين تقنية المعلومات مدى الحاجة الماسة إلى المراجعة الشاملة للمنظومة اللغوية ككل، وذلك حتى تتهيأ اللغة للقاء آلة الحاسوب المثيرة المتحدية، هذا من جهة اللغة. أما من جهة الحاسوب فقد كان لزاماً أن يتأهل هو الآخر للقائه الحاسم مع اللغة. وهكذا وجد اللغويون والحاسوبيون أنفسهم أمام تحدٍّ حقيقي، مصدره أن ما هو متاح حتى الآن من علم وتقنية لا يكفي لمواجهة إشكالية «اللغة-الحاسوب»، ولا بديل عن شق دروب علمية ولغوية جديدة لم تكن مطروقة في العالم من قبل. لهذا كان من الضروري أن تنشأ مراكز بحثية متخصصة في علاقة اللغة بتقنية المعلومات، سبقت إليها دول متقدمة، ولم يفطن العرب إلى أهميتها إلا حديثاً، فظهر إلى الوجود علم «اللسانيات الحاسوبية»، وعلم «هندسة اللغة» وصاحبتهما ثورة علمية لغوية كشفت عن أزمة حقيقية في تناول منظومة اللغة العربية من منظور معلوماتي، رقمنة وحوْسبة، في ضوء المقارنة مع لغات طبيعية أخرى حققت تقدماً ملحوظاً في تعاملها مع الحاسوب، ودفعت بالدرس اللغوي إلى آفاق بعيدة.

## تحدي الترجمة الآلية

من ناحية أخرى، تواجه العربية تحدياً كبيراً فيما يتعلق بالترجمة الآلية التي ظلت حلماً يراود خيال كثيرين منذ ظهور الحاسوب في أواخر الأربعينيات من القرن العشرين، وبعد سلسلة من البدايات الفاشلة. لكن الترجمة الآلية أصبحت الآن إحدى الغايات النهائية التي تصب فيها معظم روافد نظم التحليل والتركيب اللغويين، فضلاً عن أنها تُعدّ أنموذجاً مثالياً محوّسباً لدراسة أداء المنظومة اللغوية. على أن أعقد المشكلات التي تواجه نظم الترجمة الآلية تتمثل في الاستعارة والمجاز، ولهذا فإنه ربما ينبغي أن تضاعف الجهود في المستقبل لحل مشكلات ترجمة الوثائق العلمية والفنية التي تتسم بالصياغة المنتظمة إلى حد كبير.

كما أن نطاق الموضوعات التي تتعامل معها نظم الترجمة الآلية يعد من أهم القضايا التي تحتاج إلى دراسات لغوية وحاسوبية وبرامج مطوّلة، فكلمة «قانون» في مجال التشريع غيرها في مجالات الموسيقى (بمعنى الآلة المعروفة)، والعلوم الطبيعية (بمعنى القاعدة العلمية). ولهذا السبب يبدو أن تطوير نظم للترجمة الآلية غير محددة الموضوع يعد أملاً بعيد المنال في ظل المتاح حالياً من الوسائل اللغوية والمعجمية والآلية.

ويمثل التباين بين اللغات الطبيعية، أيضًا، خاصة تلك التي تندرج تحت فصائل لغوية كالإنجليزية في مقابل العربية، أو اليابانية أو الصينية، مشكلة أساسية لنظم الترجمة الآلية، وهناك اختلافات جوهرية في رتبة الكلمات داخل الجمل وأشباه الجمل، واستخدام الضمائر، فالعربية، مثلاً- على عكس الإنجليزية، تقدم الفعل على الفاعل، والموصوف على الصفة، وتستخدم الضمائر المستترة وضمائر الربط.

وأخيراً، وليس آخراً، تمثل دقة الترجمة الآلية، وأسلوب تقييم نظمها المختلفة معضلة أخرى تلقي بأعبائها

> الترجمة الآلية أصبحت الآن إحدى الغايات النهائية التي تصب فيها معظم روافد نظم التحليل والتركيب اللغويَّيْن، فضلاً عن أنها تُعدّ أنموذجاً مثالياً محوْسباً لدراسة أداء المنظومة اللغوية

وتبعاتها على حجم التدخل البشري المطلوب لتحرير النص قبل ترجمته pre editing أو تهذيبه بعد ترجمته post editing.

وفي جميع الأحوال، تعد الترجمة العلمية من اللغة العربية وإليها قضية مرهونة بالحجم المتاح من مدونة تعريب المصطلحات العلمية والتقنية الموحدة، والتي يؤمل أن تكون مدونة حصرية ومتجددة مع تجدد العلوم والاكتشافات. وقد قام المؤلف من جانبه بوضع أنموذج مبدئي لمعجمين: مفاهيمي وتاريخي للمصطلحات العلمية والتقنية التراثية والمعاصرة على موقعه الإلكتروني، ويهيب بأهل الاختصاص في مجالاته أن يعاونوا في استكماله تباعاً.




ويبقى التنبيه على أن الهدف الأسمى لمعالجة اللغات الطبيعية، بما فيها اللغة العربية، حاسوبياً يتمثل في الوصول إلى نظام أوتوماتي لفهم السياق اللغوي في صورتيه المنطوقة والمكتوبة، وهناك عدة محاولات ناجحة في اتجاه تحقيق هذا الهدف تغلبت على معضلة «المعنى» في اللغة على كل من المستوى المعجمي، والمنطقي، والسياقي، إضافة إلى دراسة أثر مقام الحدث أو الحديث في تفسير معناه. كما يصب في نظم الفهم الأوتوماتي نتاج المعالجات اللغوية (الصرفية والنحوية والدلالية والمعجمية)، ويا حبذا لو اكتسبت هذه النظم المعرفة الدارجة التي يدركها الإنسان بحسّه الطبيعي. وهناك بالفعل عدة محاولات لتطبيق أساليب التحليل الدلالي على نصوص عربية قصيرة تغطي أحد الموضوعات الأدبية، أو العلمية، أو القانونية، أو غيرها.

ولعل من أهم المجالات التي استخدمت فيها أساليب الإحصاء والتحليل اللغويين، تلك الخاصة بتحليل النتاج الأدبي، تراثه وحديثه، منثوره ومنظومه، وذلك بهدف تحقيق التراث، وتقييم خصائص أساليب الكتّاب كمّياً، وتحديد مدى تأثر الأدباء والشعراء بمن سبقوهم، بالإضافة إلى فهرسة النصوص آلياً.

## الخاتمة

«إن لغتنا العربية الشريفة لن تستطيع أن تستعيد عالميتها التي كانت عليها في عصر الازدهار الإسلامي الأول، ولا أن تحقق تنميتها الشاملة المستدامة في مواجهة تحديات «العولمة اللغوية» المهيمنة في عصرنا، وفي منافسة اللغات الحضارية المتفوقة، إلا بثورة «تعريب شامل»، وإعداد «مدوَّنة حصرية» لكل المصطلحات العلمية والتقنية، التراثية والمعاصرة، تمهيداً لرقمنتها وحوْسبتها، وفق خطة مدروسة بعناية فائقة، نحو هدف عزيز وغالٍ، تُستحث لأجله العزائم والهمم على جميع المستويات».




سؤال تناولته مجلة ذا ساينتست في تقرير أعدته لورا سبيني. فقد بدأ العلماء والمؤرخون ورجال السياسة على حد سواء يحذرون من أن الحضارة الغربية بلغت في اللحظة الراهنة مفترقاً حرجاً ولا سيما أن دورات من التفاوت الاقتصادي واستخدام الموارد بلغت نقطة انقلاب، لطالما دفعت بكثير من الحضارات السابقة نحو الاضطراب السياسي والحرب، ومن ثم الانهيار تماماً.

إلا أن معظم الناس مستمرون في حياتهم سعداء وغير مدركين أن الانهيار ربما يكون وشيكاً. فهل أبناء الغرب في غفلة عن الخطر المحدق بهم؟ والأهم من ذلك هل يحمل العلم أفكاراً حول حقيقة ما يحدث الآن وما سيحدث لاحقاً وما بالإمكان فعله لتغيير مسار الأمور؟

# هل الحضارة الغربية آيلة للسقوط؟



**زينا العاني مغربل**

مترجمة سعودية- الولايات المتحدة الأمريكية

فكرة تراجع القوة والنفوذ الغربي تدريجياً وتمهيداً لهوي مباغت فكرة متداولة منذ زمن، لكنها اكتسبت طابعاً طارئاً إثر أحدث المستجدات السياسية. واستخدام العلم للتنبؤ بالمستقبل ليس أمراً سهلاً لأسباب كثيرة، منها صعوبة تعريف «الانهيار» و«الحضارة الغربية».

فنحن نتحدث عن تداعي إمبراطورية الروم في منتصف الألفية الأولى على سبيل المثال، على الرغم من توافر الأدلة على استمرار هذه الإمبراطورية بشكل أو بآخر عدة قرون بعد ذلك، وبقاء أثرها حتى يومنا هذا.

كذلك يمكن جعل نهاية مصر القديمة تغيراً في موازين القوى أكثر من كونها حدثاً كارثياً أودى بحياة الجميع. فحين نتحدث عن «انهيار» هل نعني فقدان البشر لكل شيء وعودتهم إلى القرون الوسطى؟ أم أنه سيكون اضطراباً اجتماعياً وسياسياً يستمر لمدة زمنية ما؟

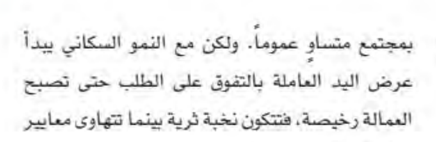
كذلك يبدو مفهوم الحضارة الغربية مبهماً بعض الشيء، إذ يقصد به عموماً أجزاء من العالم تسودها ثقافة تعود أصولها إلى أوروبا الغربية، بما في ذلك شمال أمريكا وأستراليا ونيوزيلاندا. لكن الحدود تلتبس وراء ذلك. ثمة حضارات أخرى منها الصين أقيمت على مجموعة أخرى من العادات الثقافية، لكن رسم حدود هذه الثقافة أمر معقد في عصر العولمة.

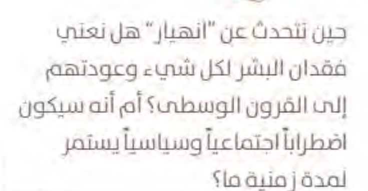
على الرغم من هذه الصعوبات، إلا أن بعض العلماء والمؤرخين يعكفون على تحليل نهوض وسقوط الحضارات القديمة بحثاً عن أنماط ربما تنبهنا إلى ما سيحدث.

## نهاية الغرب

هل من أدلة على أن الغرب شارف على النهاية؟ يرى بيتر تورشين Peter Turchin، خبير الأنثروبولوجيا







حين نتحدث عن "انهيار" هل نعني فقدان البشر لكل شيء وعودتهم إلى القرون الوسطى؟ أم أنه سيكون اضطراباً اجتماعياً وسياسياً يستمر لمدة زمنية ما؟

التطورية في جامعة كونيكتكت مؤشرات مثيرة للقلق. فقد كان تورشين عالم أحياء سكانية يدرس دورات ازدهار وتراجع الحيوانات المفترسة والفرائس حين أدرك أنه يمكن تطبيق المعادلات التي يستخدمها لتوصيف صعود الحضارات القديمة واندثارها.

من ثم بدأ في نهاية التسعينيات تطبيق هذه المعادلات على البيانات التاريخية بحثاً عن أنماط تربط عوامل اجتماعية مثل التفاوت في الثروة والصحة بالاضطراب السياسي. فلاحظ دورتين متكررتين مرتبطتين بفترات اضطراب منتظمة محددة لعصرها. إحدى هاتين الدورتين هي دورة «قرنية» تدوم قرنين أو ثلاثة، تبدأ



يلفت تورشين إلى أن المعدلات الراهنة من الانقسام السياسي والتفاوت الاقتصادي في الولايات المتحدة من دلائل بلوغها مرحلة الانحدار، وأن في خروج بريطانيا من الاتحاد الأوروبي وأزمة كتالونية في إسبانيا ما يوحي بأن الولايات المتحدة ليست المنطقة الوحيدة المتأزمة في الغرب

بمجتمع متساوٍ عموماً. ولكن مع النمو السكاني يبدأ عرض اليد العاملة بالتفوق على الطلب حتى تصبح العمالة رخيصة، فتتكون نخبة ثرية بينما تتهاوى معايير عيش العمال.

كلما ازداد التباين بين فئات المجتمع، دنت الدورة من مرحلة أكثر تدميراً يساهم فيها بؤس الطبقات الدنيا وصراع أبناء طبقة النخبة في الاضطراب الاجتماعي ومن ثم الانهيار. عندئذ تبدأ الدورة الثانية الأقصر التي تستمر خمسين عاماً، وتتألف من جيلين أحدهما ينعم بالسلام والآخر يعيش في اضطراب.

وقد لاحظ تورشين عند دراسة التاريخ الأمريكي ذروات اضطراب عام 1870 و1920 و1930م، بل الأسوأ من ذلك أنه يتنبأ بأن نهاية دورة الخمسين عاماً التالية التي يتوقعها عام 2020 ستصادف المرحلة المضطربة من الدورة الأطول، ما سيسفر عن فترة اضطراب سياسي قريبة على الأقل مما حدث في عام 1970م في أشد لحظات حركة الحقوق المدنية والمظاهرات المناهضة لحرب الفيتنام في الولايات المتحدة.

وفي هذا التنبؤ أصداء لسيناريو آخر رسمه مؤرخان هاويان عام 1997 هما ويليام ستراوس William Strauss ونيل هاوي Neil Howe في كتابهما «The Fourth Turning: An American Prophecy» (الانعطاف الرابع: نبوءة أمريكية)، إذ زعما أن الولايات المتحدة ستلج في نحو عام 2008 مرحلة أزمة ستبلغ ذروتها في العشرينيات من القرن الراهن، وهو زعم يقال إنه ترك أثراً بالغاً في نفس ستيف بانون، كبير المستشارين الإستراتيجيين السابق لدى دونالد ترامب.

الجدير بالذكر أن تورشين أعرب عن تصوره في 2010 قبل انتخاب الرئيس الأمريكي الراهن دونالد ترامب وما صاحب انتخابه من تعارك سياسي، لكنه لفت منذ ذلك الحين إلى أن المعدلات الراهنة من الانقسام

السياسي والتفاوت الاقتصادي في الولايات المتحدة هي دلائل على بلوغها مرحلة الانحدار من الدورة. وأن في خروج بريطانيا من الاتحاد الأوروبي وأزمة كتالونية في إسبانيا ما يوحي بأن الولايات المتحدة ليست المنطقة الوحيدة المتأزمة في الغرب.

ولا يملك تورشين إجابة لما سيحدث بعد ذلك، فنموذجه يعمل على مستوى قوى مؤثرة على نطاق واسع ولا يستطيع تحديد الحدث الذي قد يحول حالة الضيق إلى حالة اضطراب أو مدى تدهور الأحوال بعد ذلك.

كيف يتحول الاضطراب أحياناً إلى انهيار؟ ولماذا؟ أسئلة تشغل عالم الرياضيات في جامعة مريلاند الأمريكية صفا موتيشارعي Safa Motesharrei إذ لاحظ أن بعض الفرائس في الطبيعة تبقى على قيد الحياة دائماً لتستمر دورة الطبيعة، إلا أن بعض المجتمعات التي تداعت مثل حضارة المايا والحثيين مثلاً لم تتمكن من التعافي أبداً.

## وقت سليب

للإجابة عن هذه التساؤلات، قام موتيشارعي بنمذجة المجموعات السكانية البشرية على أنها حيوانات مفترسة، والموارد الطبيعية على أنها فرائس، ثم قسم مجموعة «الحيوانات المفترسة» إلى مجموعتين غير متساويتين، مجموعة الصفوة الثرية ومجموعة الأفراد العاديين الأقل ثراءً، فوجد أن من شأن حالة التفاوت البالغة أو استنزاف الموارد دفع المجتمع إلى الهاوية، لكن الانهيار لا يكون كلياً إلا إذا صادف اجتماع الظرفين، «إذ يغذي أحد الظرفين الآخر» على حد قول الباحث. فالثراء يحمي الأثرياء من آثار استنزاف الموارد مدة أطول مقارنة بغير المقتدرين، لذلك يقاومون النداءات المطالبة بتغيير إستراتيجي، حتى فوات الأوان.

نذير شؤم بلا شك للمجتمعات الغربية التي بلغت درجات خطيرة من عدم التساوي، ولاسيما أن نسبة الـ1% الأكثر ثراءً في العالم يملكون الآن نصف الثروات، وفق أحدث التحليلات، وأن الهوة التي تفصل أصحاب الثراء الفاحش عن سائر البشر تتزايد منذ الأزمة المالية العالمية التي طرأت في 2008.

بل إن الغرب في اللحظة الراهنة ربما يعيش في حيز سليب من الزمن، فقد بينت مجموعة موتيشارعي أن الاستهلاك السريع لموارد غير متجددة مثل الوقود الأحفوري ربما يمكن المجتمع من التنامي على نطاق يفوق بكثير ما كانت ستتيحه الموارد المتجددة وحدها، الأمر الذي يمكنها من تأجيل الانهيار الذي يكون أشد وطأة بكثير لحظة وقوعه، وفق ما خلص إليه الباحثون.

## مشهد مظلم

رسم جوزيف ترينرJoseph Trainer، خبير الأنثروبولوجيا في جامعة يوتا الأمريكية ومؤلف كتاب «The Collapse of Complex Societies» (انهيار المجتمعات المعقدة) مشهداً مظلماً إذ استقرأ السيناريو الأسوأ الذي تنقطع فيه موارد الوقود الأحفوري فينقطع بدوره الماء والغذاء ما يسفر عن فناء الملايين من البشر خلال أسابيع.



رسم جوزيف ترينر خبير الأنثروبولوجيا في جامعة يوتا الأمريكية ومؤلف كتاب (انهيار المجتمعات المعقدة) مشهداً مظلماً إذ استقرأ السيناريو الأسوأ الذي تنقطع فيه موارد الوقود الأحفوري فينقطع بدوره الماء والغذاء ما يسفر عن فناء الملايين من البشر خلال أسابيع



مشهد كارثي بالفعل، لكن الجميع لا يجمع على صحة تطبيق نموذج الازدهار والتراجع على المجتمع الحديث، فربما صح تطبيقه على المجتمعات حين كانت أصغر حجماً وبمنأى عن أحدها الآخر، لكن هل يمكن عملياً تصور تلاشي الولايات المتحدة إثر حرب أهلية ضارية تودي بالجميع؟ ثمة جيوش من العلماء والمهندسين العاملين على تطوير حلول ومن الممكن من الناحية النظرية تفادي أخطاء المجتمعات السابقة، فضلاً عن أثر العولمة على تعزيز هذه المجتمعات.

## البحث عن المصطلح

هذا يعود بنا إلى تعريف المقصود بالانهيار. فقد عرف فريق موتيشارعي البحثي انهيار المجتمعات تاريخياً وفق الحدود الجغرافية البحتة، فإن تمكن بعضهم من البقاء وهاجر بحثاً عن موارد جديدة، كوّن مجتمعاً جديداً. وفق هذا المعيار، انهارت حتى المجتمعات الأكثر تقدماً بشكل نهائي وهو مصير محتمل للغرب أيضاً، لكنه لا يعني بالضرورة إبادة تامة.

لذا يتفادى عدد من الباحثين استعمال كلمة «انهيار» ويفضلون التحدث عن «فقدان سريع للتعقد». على سبيل المثال، حين تهدمت الإمبراطورية الرومانية، نشأت مجتمعات جديدة لكن اقتصاد وثقافة وهياكل هذه المجتمعات كانت أقل تعقيداً، فعاش الناس حياة أقصر وأكثر مرضاً. يرى تورشين أنه من غير المرجح أن يحدث هذا اليوم وعلى هذا الصعيد لكنه لا يستبعد مصيراً أقل وطأة منه: انقسام الاتحاد الأوروبي أو فقد الولايات المتحدة على سبيل المثال نفوذها من خلال حلف شمال الأطلسي وحلفائها المقربين، مثل: كوريا الجنوبية.

وثمة من يرى على صعيد آخر، مثل يانير بار- يام Yaneer Bar Yam في معهد نيو إنغلاند للأنظمة المعقدة في ماساتشوستس في هذه التغيرات العالمية زيادة في التعقد، مع تخلي الحكومات الوطنية عن نفوذها لمصلحة شبكات نفوذ أكثر تمركزاً وأكثر امتداداً وكأن العالم بات أكثر اندماجاً.

## الغرب ليس على ما يرام

بصرف النظر عما سيحدث تحديداً، يكاد الجميع يتفق على أن مستقبل الغرب غير جيد. فهل ثمة ما بوسعنا القيام به لتخفيف وطأة الضربة القادمة؟

يقول تورشين إن التلاعب بالقوى المغذية لهذه الدورات،

مثل رسم إستراتيجيات ضريبية أكثر تحرراً على صعيد المثال لمعالجة التفاوت في الدخل وتضخم الدين العام، ربما يمكّن الغرب من تفادي وقوع الكارثة.

أما موتيشارعي فيعتقد أنه ينبغي الحد من النمو السكاني إلى مستويات مستديمة وفق نموذجه. لكن هذه المستويات تتباين مع الزمن حسب الموارد المتبقية ومدى استدامة الاستهلاك.

بيد أن المشكلة في هذه الحلول تكمن في أن الإنسان أثبت عدم إتقانه التخطيط للمدى البعيد. وفي بحوث علم النفس الحديثة ما قد يفسر السبب، إذ يميز علم الإدراك نمطين من التفكير، أحدهما آلي، سريع وغير مرن والآخر أبطأ، أكثر تحليلاً ومرونة. لكل نمط استعماله وفق السياق ولطالما عد تواترهما النسبي في مجموعة سكانية مستقراً. لكن ديفيد راند David Rand، خبير علم النفس في جامعة ييل الأمريكية يرى أن السكان ينتقلون من دورة تفكير إلى أخرى على مدى الزمن.

لنقل على سبيل المثال أن ثمة مجتمعاً يعاني مشكلة في النقل. تقوم مجموعة صغيرة من البشر بالتفكير بشكل تحليلي وابتكار السيارة، فتُحّل المشكلة ليس لأجلهم فقط بل لأجل الملايين، أي عدد أكبر من الناس الذين لا يعودون في حاجة إلى ممارسة التفكير التحليلي في هذا المجال على الأقل، فيحدث عندئذ تحول إلى نمط التفكير الآلي.

هذا ما يحدث كلما ابتُكرت تقنية جديدة جعلت البيئة أكثر قابلية للعيش، إذ تبدأ المشكلات بالتراكم بمجرد استعمال أعداد بالغة من الناس هذه التقنية دون بصيرة. تغير المناخ إثر الاستهلاك المفرط للوقود الأحفوري مثال آخر على ذلك، كذلك الإفراط في استهلاك المضادات الحيوية بما أدى إلى نمو المقاومة الجرثومية للعلاج، أو الإخفاق في توفير المال للتقاعد.

ويقول جوناثان كوهن Jonathan Cohen عالم النفس في جامعة برنستون الذي طور نظرية راند إن هذه النظرية ربما تحل لغزاً قديماً بشأن سلوك المجتمعات: لماذا تستمر في سلوكها المدمر للذات حتى بعد أن ميز أصحاب التفكير التحليلي الخطر المحدق بهم؟

تجدر الإشارة هنا إلى أن هذه ليست المرة الأولى التي يتم فيها الربط بين تطور المجتمعات وعلم النفس البشري، ويقر العلماء ببساطة نماذجهم حتى الآن. وفي حين لا يحاول راند توجيه أية سياسة إلا أن نموذجه يرسم توجهاً عاماً يجدر النظر فيه والبحث عن حلول. فلا بد أن يكون التعليم جزءاً من الحل وفق كوهن الذي يؤكد ضرورة زيادة تعميد الفكر التحليلي في الصفوف الدراسية.

لكن ترينر يرى أن محاولة زرع المزيد من الحكمة والنظر في العواقب مجرد حلم؛ لأن علم الاقتصاد السلوكي إذ يدلنا على أمر، فإنما يدلنا على أن صنع القرار عند البشر يتسم بالعاطفية بشكل متزايد، وليس بالعقلانية، ويرى أن من الأولى الآن معالجة تراجع معدل الابتكار مقارنة بحجم الاستثمار في البحث والتطوير، في الوقت الذي تتنامى فيه مشكلات البشرية صعوبة. فهو يتوقع عجز الابتكار التقني عن إنقاذنا في المستقبل خلافاً لحاله في الماضي.

هل الغرب في مأزق حرج قد لا يستطيع الخروج منه؟ احتمال وارد. لكن البقاء يتوقف في نهاية المطاف على مدى سرعة تكيف الناس، فإن لم يُقلّص الاعتماد على الوقود الأحفوري، ويُعالج التفاوت الفاحش في مستويات العيش، وتوجد طريقة لوقف تناحر أبناء النخبة فيما بينهم، لن تكون النهاية سعيدة.

أما إذا نجا الغرب من المأزق حسب ترينر، فسيكون ذلك بمحض الحظ لا الحكمة، «فنحن الجنس الذي كان وسيبقى يتحسس طريقه إلى بر الأمان دون تخطيط».









كانت خلف الحرب الباردة، حرب عالمية علمية حامية الوطيس، حرب تنطلق من الأرض إلى الفضاء الرحب الواسع، نتج عنها في 21 يوليو 1969م، هبوط نيل أرمسترونغ على سطح القمر، فكان أول إنسان تلامس رجلاه أرض القمر.

هل توقف البشر عن هذا السباق؟ لم يتوقف السباق العالمي لحظة واحدة، واستمر السباق العالمي لإنجاز سبق فريد آخر من نوعه. فقد توجهت الأنظار لوجهة بعيدة إلى كوكب أحمر! وقبل الحديث عن سباق الكوكب الأحمر حري بنا أن نتكلم عن حدثين عالميين قد يكونان لهما التأثير فيما سيجري في المستقبل القريب. الحدثان لا يقلان عن أهمية أول خطوة على سطح القمر.

# المريخ الكوكب الأحمر..

## لماذا الآن؟



د. زكي بن عبدالرحمن المصطفى

قسم الفلك - مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

### الحدثان العالميان

الحدث الأول عندما استطاع رائد الفضاء وقافز المظلات النمساوي فيليكس باومغارتنر، في 14 أكتوبر 2012م، تجاوز الغلاف الجوي، ويسقط منه سقوطاً حراً، ليكون أول إنسان يفعل ذلك منذ أن عرف الطيران على يد عباس بن فرناس. استمرت الرحلة كاملة ساعتين ونصف الساعة، في حين أن السقوط الحر من بدايته حتى فتح المظلة استمر فقط 4 دقائق و22 ثانية، أما طول الرحلة وصولاً للأرض فقد استغرق 9 دقائق و9 ثوانٍ، وقد وصلت سرعته إلى 1342.8 كيلومتر في الساعة، أي أسرع من سرعة الصوت في الهواء، وتعادل 1.24 ماخ.

الحدث الثاني هو نجاح المحاولة التي جرت عن طريق فريق سبيس إكس Space X عندما تمكنت الشركة بعد عدة محاولات فاشلة من النجاح في إطلاق المركبة فالكون هيفي، التي تحمل سيارة تسلا رودستار حمراء اللون إلى مدار شمسي افتراضي، وفي مسار يجعلها تبعد من الأرض بالمسافة نفسها لبعد كوكب المريخ.

المركبة كانت مزودة بثلاثة صواريخ لحملها إلى الفضاء الخارجي، والمهم في الحدث هنا هو التحكم بالصواريخ الثلاثة، وعودتها إلى الأرض سالمة في الأماكن المحددة سلفاً إذ كان في الماضي تنفجر تلك الصواريخ في الفضاء، بعد خروج المكوك خارج الغلاف الجوي.

ما علاقة الحدثين بموضوعنا المريخ؟ إن كل تطور تقني ستكون له علاقة مباشرة أو غير مباشرة سواء لرحلات المريخ أو ربما لكوكب آخر أو ربما لمذنب وكويكب، إذ سيتمكن البشر بهذه التقنيات الجديدة من الهبوط بسلام على الأجرام السماوية والعودة إلى الأرض بسلام.

بعد هذه المقدمة المثيرة سنتكلم عن كوكبنا الأحمر، وسبب الاختيار للهبوط المقبل، أو الغزو البشري الجديد لهذا الكوكب المثير.

المريخ أحد الكواكب الأرضية، إذ تنقسم كواكب المجموعة الشمسية إلى قسمين رئيسين، وهما الكواكب الشبيهة بالأرض أو الأرضية، وهي الأرض وعطارد والزهرة والمريخ وبلوتو (قبل تصنيفه كوكباً قزماً، ولعل في مقال






شكل (1). صورة وجه الانسان التي التقطتها فايكنج (الإطار الصغير) وصورة للموقع نفسه توضح أنها سلسلة من الجبال.

آخر نتحدث عن قزمنا هذا)، والقسم الآخر الكواكب المشتراوية الشبيهة بالمشتري، وهي المشتري وزحل ونبتون وأورانوس.

المريخ رابع كواكب المجموعة الشمسية بعداً من الشمس، إذ يبلغ متوسط بعده نحو 228.6 مليون كلم، أي ما يعادل نحو 1.524 وحدة فلكية (الوحدة الفلكية تعادل

> استطاع رائد الفضاء وقافز المظلات النمساوي فيليكس باومغارتنر، في 14 أكتوبر 2012م، تجاوز الغلاف الجوي، ويسقط منه سقوطاً حراً، ليكون أول إنسان يفعل ذلك منذ أن عرف الطيران على يد عباس بن فرناس

متوسط البعد بين الأرض والشمس وتقدر بمئة وخمسين مليون كيلومتر)، وهذا يعني أن مداره خارج مدار الأرض، ومن ثم يمكننا ذلك من مراقبة المريخ فترات أطول على عكس كوكبي عطارد والزهرة (الداخليين)، إذ لا نتمكن من مشاهدتهما إلا لفترات قصيرة بعد غروب أو قبل شروق الشمس.

يكمل المريخ دورة كاملة حول الشمس في 687 يوماً أرضياً، بينما يكمل دورة كاملة حول محوره في 24 ساعة و37.4 دقيقة. وهذا يعني أن سنة المريخ ضعف السنة الأرضية، ويوم المريخ مقارب لطول اليوم الأرضي.

يعدّ المريخ من الكواكب الصغيرة، إذ تبلغ كتلته نحو عُشْر كتلة الأرض، ويبلغ قطره نحو 6794 كلم.

وكان يعتقد إلى وقت قريب بوجود حياة على سطح المريخ؛ مما جعل العلماء يركزون في دراسته، ويرسلون عدة مركبات فضائية لاستكشافه، وأكد هذا الاعتقاد الصورة

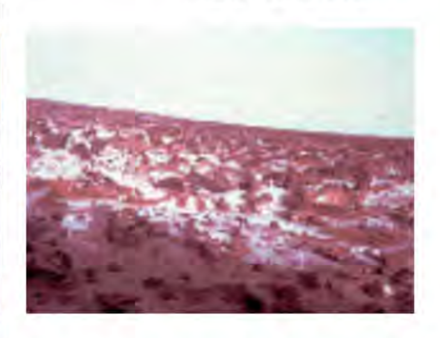
التي التقطتها مركبة الفضاء فايكنج لسطح المريخ، إذ التقطت صورة تشبه وجه إنسان، ولكن -بعد عدة سنوات- اتضح أن صورة الوجه ما هي إلا صورة لسلسلة من الجبال على سطح المريخ التقطتها فايكنج بزاوية بدت معها هذه الجبال كأنها صورة لوجه إنسان، شكل (1).

## ملامح كوكب المريخ

من أبرز ملامح كوكب المريخ ما يأتي:

1- مناطق حمراء تغطي نحو ثلثي السطح يعتقد أنها صحراء، ناتجة عن وجود أكاسيد الحديد.

2- وجود أخاديد وفجوات طولية أطلق عليها اسم كنالي Canali، والشكل (2) يوضح مقارنة بين بعض الأخاديد الأرضية والمريخية.



3- مناطق داكنة يميل لونها إلى الاخضرار تغطي نحو ثلث مساحة الكوكب، وتزداد مساحتها في نصف الكوكب الجنوبي، وكان يعتقد أن هذه المناطق نباتية.

4- سطح المريخ صخري متماسك وتوجد عليه آثار انسياب مواد بركانية.

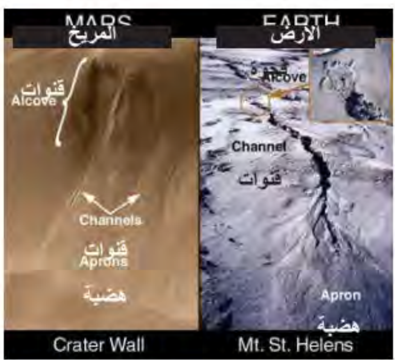
5- وجود فوهات كما هو الموجود على سطحي القمر وعطارد وتتركز أكثر في نصف الكوكب الجنوبي.

6- وجود آثار براكين ضخمة.

7- وجود المرتفعات والأودية التي تمتد إلى آلاف الكيلومترات وتتركز في النصف الشمالي من المريخ، ومن أشهر المرتفعات جبل أوليمبس وهو أكبر جبل بركاني معروف في المجموعة الشمسية إذ يبلغ ارتفاعه 24 كيلومتراً وقاعدته 550 كيلومتراً.

8- وجود قطبين متجمدين كما هو الحال على الأرض.






شكل (2) مقارنة بين الأخاديد الأرضية والمريخية.

## قمران حول المريخ

يدور حول كوكب المريخ قمران، هما فوبوس وديموس، وهما غير منتظمين في الشكل، ويتراوح متوسط بعدهما من مركز المريخ نحو 9 آلاف كلم للقمر فوبوس، و23 ألف كلم للقمر ديموس، ويكمل القمر فوبوس دورة كاملة حول المريخ في 7 ساعات و39 دقيقة، بينما يكمل القمر ديموس دورة كاملة حول المريخ في 30 ساعة و18 دقيقة.



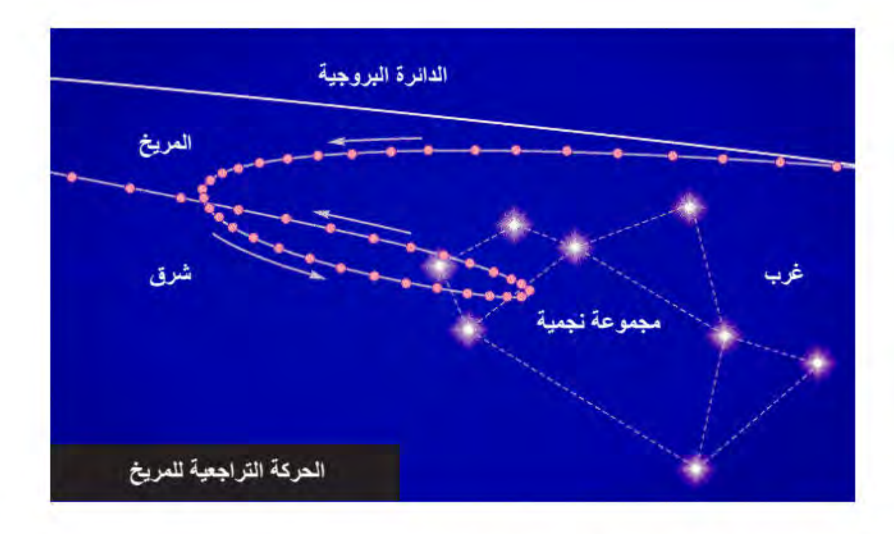

صورة التقطها مرصد هبل الفضائي لكوكب المريخ عندما كان عند أقرب نقطة من الأرض

درجات الحرارة تتباين على سطح المريخ بين الليل والنهار، إذ يصل هذا التباين إلى نحو ستين درجة مئوية. نتيجة وجود مدار الأرض داخل مدار المريخ فإنه يمكن في أثناء دورانهما حول الشمس أن يكونا على خط واحد وهو وضع الاستقبال، ويكون نحو كل سنتين، ويختلف بعدهما عن بعضهما بعضاً خلال الاستقبال، إذ كانت أقصر مسافة بين الكوكبين في الفترة 27-28 أغسطس من عام 2003م، وكانت المسافة نحو 55.76 مليون كيلومتر، وهي أقصر مسافة حسبت منذ ستين ألف سنة، وسيكون هناك اقترابان أشد في المستقبل إن شاء الله، وذلك في عامي 2287م و 2729م. وخلال الاقتراب يبدو المريخ أكبر مما عليه، وأكثر وضوحاً، بحيث يمكن مشاهدة القطبين وبعض المظاهر على السطح.

> الحدث الثاني المهم إطلاق المركبة فالكون هيفي، المزودة بثلاثة صواريخ لحملها إلى الفضاء الخارجي، والمهم في الحدث هنا هو التحكم بالصواريخ الثلاثة، وعودتها إلى الأرض سالمة في الأماكن المحددة سلفاً

## الحركة التراجعية

من المشاهدات الغريبة للمريخ الحركة المعروفة بالحركة التراجعية، إذ يبدو المريخ كأنه قد عكس مساره في السماء بالنسبة إلى المشاهد من على الأرض. إن الحركة العكسية للمريخ هي حركة ظاهرية ناتجة من وضعية مشاهدة المريخ من الأرض، كون مدار الأرض بالنسبة إلى المريخ يعدّ داخلياً، وليس ناتجاً من انعكاس في حركة المريخ، ومن ثم يبدو المريخ للمشاهد من الأرض وبالمقارنة مع النجوم أنه في وقت معين يعكس، حركته فيتحرك من الشرق إلى الغرب وذلك لفترة بسيطة.




هذه الظاهرة لا تغير من مواضع شروق الشمس أو غروبها على المريخ، كما أنها لا تغير من حركة المريخ حول الشمس، فالمريخ لا يتأثر من هذه الظاهرة. وهذه الظاهرة شبيهة إلى حد ما بمركبتين تتحركان في اتجاه واحد، ولكن بسرعتين مختلفتين، فيظهر لإحداهما أن المركبة الأخرى عند تجاوزها كأنها عكست حركتها، وهي في الحقيقة تجاوزتها فقط. ولقد اختلط على غير المختصين في علم الفلك هذا المعنى إذ تخيله بعضهم توقفاً في دوران المريخ حول نفسه، ومن ثم بدأ يتحرك في اتجاه عكسي.



## رحلات إلى المريخ

منذ عام 1960م، غزا الإنسان المريخ أكثر من 30 مرة. أول أربع رحلات كانت روسية بين عامي 1960م و1962م، لكنها أخفقت في الوصول إلى الكوكب الأحمر. بعدها أرسلت أمريكا رحلات مارينير التي بدأت منذ عام 1964م، إذ تمكنت في هذا العام مركبة مارينير 4 من تصوير المريخ.

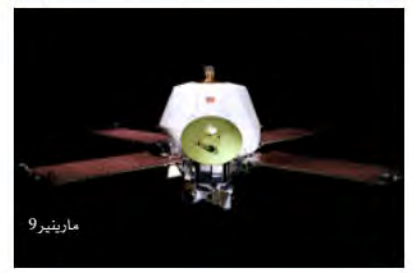
من المشاهدات الغريبة للمريخ الحركة المعروفة بالحركة التراجعية، إذ يبدو المريخ كأنه قد عكس مساره في السماء بالنسبة إلى المشاهد من على الأرض


صورة ملتقطة عن طريق باثفايندر


المركبتان فايكنج 1 و2


مارينير6 و7


مارينير2


مارينير9


مارينير5


مارينير4

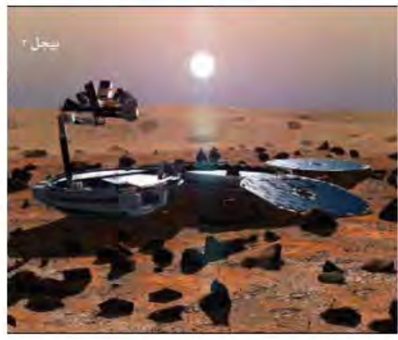

مارينير10

وتعدّ مارينير9 أول مركبة تخترق مدار المريخ.

في الفترة بين 1971م و1973م، تمكن الروس من إنزال مركبتين مارس3 و6. وفي الفترة بين 1976م و1980م هبطت المركبتان فايكنج 1 و2 على سطح المريخ.

في عام 1997م هبطت على سطح المريخ المركبة الشهيرة باثفايندر.



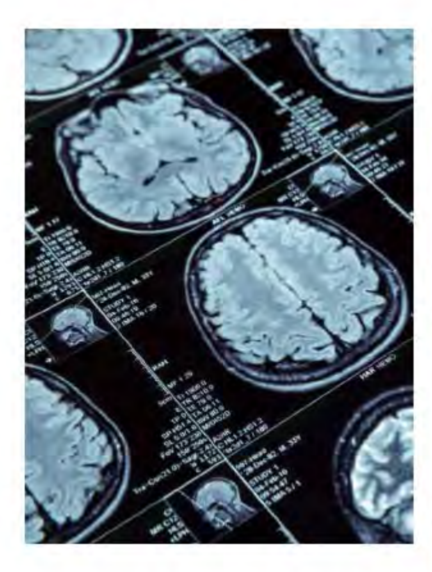




في يناير من عام 2004م تمكنت وكالة الفضاء الأمريكية من إنزال المركبة أبورشنتي على سطح المريخ، وجرى الاتصال بها بنجاح في حين لم يتمكن الأوروبيون من الاتصال بالمركبة الأوربية بيجل2 التي تزامنت في الإنزال مع المركبة الأمريكية.

ولا يزال السباق العلمي العالمي مستمراً في الوصول إلى المريخ.

## الاستيطان في المريخ

إن وجود القطبين ووجود المياه بهما ووجود الصحارى المشابهة للأرض، وبوصف المريخ مشابهاً في كثير من الصفات للأرض، أغرت كثيراً من الدول المتقدمة بمحاولة الاستيطان في المريخ، وعلى الرغم من صعوبة المهمة، إلا أنها لا تعد مستحيلة خصوصاً إذا علمنا أن



البشر قد قاموا بتجارب كانت مستحيلة، مثل: السقوط الحر للإنسان من ارتفاع شاهق وبسرعة تفوق سرعة الصوت، كما فعلها النمساوي فيليكس باومغارتنر، أو عودة الصواريخ الحاملة للمكوك الفضائي إلى قواعدها سالمة كما نجحت تجربة سبيس إكس، التي حتماً متى ما وطئت أول رجل للبشرية على سطح الكوكب الأحمر، فإنه بحاجة إلى نتائج هذه التجربتين الناجحتين.

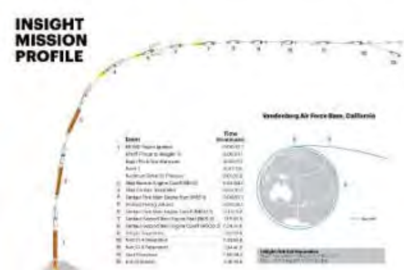


إن وجود القطبين ووجود المياه بهما ووجود الصحارى المشابهة للأرض، وبوصف المريخ مشابهاً في كثير من الصفات للأرض، أغرت كثيراً من الدول المتقدمة بمحاولة الاستيطان في المريخ، وعلى الرغم من صعوبة المهمة، إلا أنها لا تعد مستحيلة

"أحيانا يكون عليك أن تذهب عاليا جدا لتدرك حقا كم أنك صغيرٌ أنت."
فيليكس بومغارتنر

كما يجب أن نعي أن الرحلة للمريخ ليست بالسهلة، فهي تحتاج إلى تحديد وقت الإطلاق الذي يعتمد على مناطق تكون فيها الأرض والمريخ على بعد مناسب من بعضهما بعضاً، كما يجب أن نعرف أن الرحلة للمريخ ليست كالرحلة إلى القمر، فبعد المريخ يجعل من الرحلة قد تدوم نحو سنة كاملة، وقد تكون ذهاباً من دون عودة، كما أنه - بسبب البعد الكبير بين الأرض والمريخ- فإن الاتصالات بينهما قد يكون فيها تأخير أو عدم تزامن بنحو اثنتين وعشرين دقيقة زمنية.

وتعد المركبة المسماة «داخل الرؤية» InSight - آخر ما أرسل إلى المريخ - جهازاً روبوتياً مصمماً لدراسة المناطق الداخلية من كوكب المريخ، إذ أُرسل في 5 مايو 2018م في تمام الساعة 11:05 بالتوقيت العاملي، ومن المتوقع أن تهبط بإذن الله على سطح المريخ في 26 نوفمبر 2018م، إذ ستقوم بوضع مقياس زلزالي.













كانت (وما زالت) الأوراق أو القطع النقدية التي تُصدرها البنوك المركزية في الحكومات هي الوسيلة التاريخية المقبولة عالمياً، من أجل سداد قيمة سلع، أو خدمات، أو سداد الديون في بلد معين، أو خلال سياق اجتماعي واقتصادي محدد. وتتميز المهام الرئيسة للنقود على أنها وسيلة للتبادل، ووحدة حسابات، ومخزن للقيمة، وأحياناً، معيار للدفع المؤجل. ويمكن النظر إلى أي بند أو سجل يمكن التحقق منه ويستوفي هذه الوظائف على أنه نقد. إذاً النقود هي عملة ليست لها قيمة بذاتها، إذ تأتي قيمتها من الثقة التي يضعها الناس فيها ومن سيطرة الدولة وقوّتها.

وفي النظام العالمي الاقتصادي أدت البنوك المركزية العالمية الكبرى دوراً مهماً بصفتها وسيطاً وطرفاً ثالثاً بين أطراف التعاملات على مستوى الدول والأفراد والمؤسسات لتوفير الثقة والأمن، لكن في الوقت نفسه تتحكم في الاقتصاد العالمي والأزمات العالمية لمصلحة نخبة من رجال الأعمال.

«بلوك تشين»..

# التقانة وراء عملة «بِتْ كوين» ستغَير مستقبل العالم



د. أبوبكر سلطان أحمد

مستشار في مجال تقنية المعلومات والاتصالات، حاصل على دكتوراه الفلسفة في هندسة الاتصالات من جامعة ليدز بالمملكة المتحدة

## تعاملات «بِتْ كوين»

لكن حديثاً انطلقت بقوة عملة غير رسمية رقمية ومُشفّرة وغير مركزية تسمى «بِتْ كوين Bitcoin» في أعقاب الركود المالي الكبير 2007-2008م. ثم تنامى زخم هذه العملة علاجاً لعدم المساواة والفساد في النظام المالي المركزي التقليدي، والذي لم يترك أي شك بأن المسؤول عن الأزمات المالية كانوا الوسطاء، والمصرفيين، وأطرافاً ثالثة لا يمكن الوثوق بهم الرسم التوضيحي (1)

وكان وراء نظام هذه العملة الجديدة، «بِتّ كوين»، مقالة منشورة باسم مستعار «ساتوشي ناكاموتو» قدمت أول نظام رقمي مُشفّر غير مركزي بين النظراء على الإنترنت.

ويسمح هذا النظام بإجراء التعاملات المالية مباشرة من طرف إلى آخر دون تدخل وسيط.

واستندت هذه العملة الرقمية إلى مبدأ أن النقد، في الأساس، هو مجرد أداة محاسبية، وطريقة لتقدير القيمة، وتخصيص للملكية. وتوفر التوقيعات الرقمية جزءاً مهماً من الحل، فيقوم أصحاب «بِتّ كوين» بالتوقيع رقمياً على دالة «هاش» للمعاملة السابقة، وإضافة «مفتاح عمومي» للمالك المقبل.

ويمكن تعريف «بِتّ كوين» بأنها سلسلة من التوقيعات الرقمية. وينقل كل مالك «بِتّ كوين» إلى المالك التالي بتوقيعه الرقمي على «الهاش» الخاص بالمعاملة السابقة والمفتاح العام للمالك التالي، ثم إضافتهم في نهاية العملة. ويمكن للمدفوع له التحقق من سلسلة الملكية عن طريق التوقيعات الرقمية، الرسم التوضيحي (2). وعملياً يحتاج استخدام «بِتّ كوين» ثلاث خطوات:

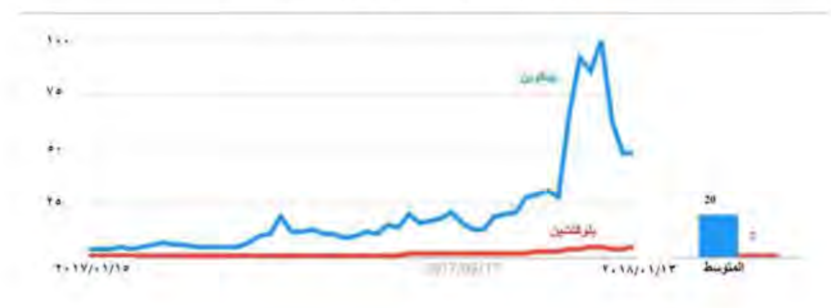
1- تنزيل محفظة «بيتكوين». وهي برمجيات تطبيقية تتيح لك إرسال عملات «بيتكوين» واستقبالها، وتتبع أرصدتك التي تحفظ عناوين العملة، وأيضاً حفظ وقت معاملاتك الإلكترونية، وعنوان محفظتك على الإنترنت.

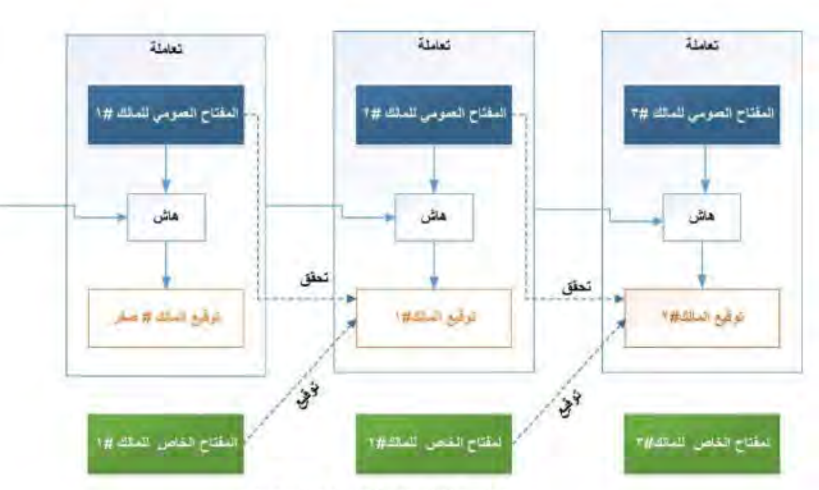
2- أضف «بيتكوين» إلى محفظتك. مع وجود عنوان محفظتك معك، اشتر «عملات «بيتكوين» من موقع الشراء باستخدام بطاقتك الائتمانية.

3- استخدم المحفظة لإرسال «بيتكوين» واستقبالها. (ولأن عملية الإرسال لا يمكن الرجوع عنها، فالأمر يلزم الانتباه والدقة).

- انسخ عنوان «بيتكوين» الخاص بالمُستقبِل.
- افتح محفظتك، واذهب إلى خاصية «إرسال» والصق عنوان المُستقبِل في الخانة الخاصة به.
- حدد المقدار المطلوب، وتأكد منه، ومن العنوان.
- اضغط ارسل.

رسم توضيحي (1) زخم اتجاهات «البِتّ كوين» و«البلوك تشين»






رسم توضيحي (2) عملة «بِتّ كوين» توقيعات رقمية

## «بلوك تشين»

ويجري حل تلك المشكلة باستخدام التشفير، بدلاً من الثقة الشخصية أو تحديد طرف ثالث، وباستخدام شبكة «نظير إلى نظير Peer-to-Peer» وقاعدة بيانات موزعة وآمنة ومشتركة تسمى «بلوك تشين Bloc chain (أو سلسلة القوالب)» تقوم مقام الأرصدة أو مثل دفتر أستاذ رقمي واحد يمكن الوصول إليه عالمياً.

ويلتزم فيه الجميع في الشبكة ببروتوكول للتحقق من كل قالب جديد. وبمجرد تسجيل القالب، لا يمكن تغيير البيانات في أي قالب معين بأثر رجعي دون تغيير جميع

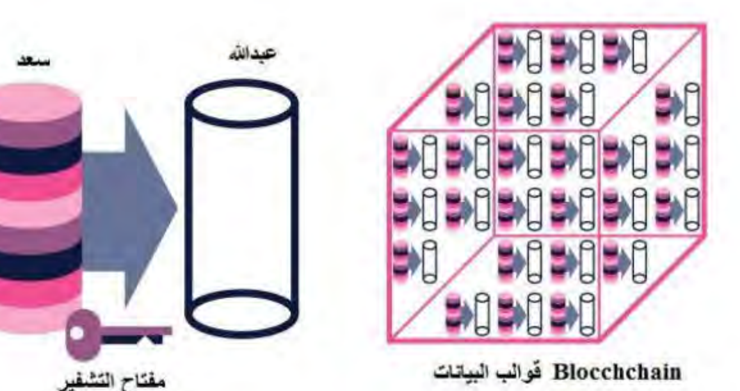
> النقود هي عملة ليست لها قيمة بذاتها، إذ تأتي قيمتها من الثقة، وفي النظام العالمي الاقتصادي أدت البنوك المركزية العالمية الكبرى دوراً مهماً في توفير الثقة والأمن

القوالب اللاحقة، الأمر الذي يتطلب تواطؤ أغلبية الشبكة، وهو احتمال ضعيف.

و«بلوك تشين» تقانة تستخدمها عملات رقمية مثل «بِتّ كوين»، و«إثريوم Ethereum»، وغيرها من العملات المُشفَّرة.

وتعد دفتر أستاذ يتميز بأنه لا ينقطع، وغير قابل للتغيير، ويمكن الوصول إليه علناً من جميع التعاملات التي حدثت في الشبكة منذ إنشائها. وكل العملات المُشفَّرة لديها «بلوك تشين» الخاص بها. ويجري تسجيل التعاملات الجديدة، وتجميعها على دفعات تسمى «كتل أو قوالب» على فترات زمنية منتظمة. ويتم إنشاء سلسلة من القوالب، عبر عملية تسمى «تنقيب بِتّ كوين»، يضاف في نهايتها جميع القوالب الموجودة. ومن ثم جاء اسم النظام «سلسلة القوالب».

ويتيح «بلوك تشين» لكل مستخدم التحقق من حقيقة أن كل معاملة محددة قد جرى تنفيذها بالفعل في وقت معين. وتحتوي سلسلة القوالب هذه على جميع الإجراءات التي جرت في استخدام «البِتّ كوين»، ومعرفة الرصيد




الرسم التوضيحي(3-أ) «سعد» يخبر شبكة «البِتّ كوين» بأنه يريد أن يدفع إلى «عبد الله». وهو يستخدم مفتاح التشفير للتوقيع الرقمي على المعاملة كإثبات أنه يمتلك العملة. يلتقط مشغلو الشبكات (المنقبون)، مجموعة من التعاملات للتحقق من صحة التوقيعات الرقمية وأن هناك ما يكفي من العملة لختم وقت العملية. ثم يضعون جميع التعاملات الجديدة في قالب بيانات جديدة لتتم إضافتها إلى سلسلة القوالب «بلوك تشين».

الذي يملكه كل عنوان للمستخدم على شبكة التعاملات. يُطلق على هذا المفهوم وصف السلسلة للترابط الموجود ما بين القوالب، إذ يحتوي كل قالب على «هاش» القالب السابق له ويمتد الأمر إلى القالب الأول الذي يُطلق عليه اسم «قالب التكوين».

تكوين السلسلة بهذه الطريقة يجعل من مهمة تغيير أي قالب بعد مرور مُدة مُعينة على إنشائه في غاية الصعوبة، إذ إن تغيير أي قالب يتطلب تغيير كل القوالب التي تليها بسبب الحاجة إلى إعادة حساب «هاش» كل قالب لتحديث قيمة «هاش» القالب السابق.

هذه التقانة تجعل من الإنفاق المُتكرر لعُملات «بِتّ كوين» نفسها مستحيلاً، بل يُمكن أن تُعد «سلسلة القوالب» العمود الفقري الذي تتميز به «البِتّ كوين» والعملات المُشفرة الأخرى.

يجري تكرار «بلوك تشين» على أجهزة الحاسبات المربوطة بشبكة الإنترنت في جميع أنحاء العالم، ويمكن الوصول إليها من أي شخص.

والمشاركون في هذه الشبكة، ويطلق عليهم «المُنقّبون» (من عملية التنقيب عن المعادن من المناجم)، وهم المسؤولون عن الكشف عن طلبات التعاملات من المستخدمين، وتجميعها، والتحقق من صحتها، وإضافتها إلى مجموعة «بلوك تشين» كقوالب جديدة. فمثلاً إذا كان «سعد» يدفع إلى «عبد الله» «بِتّ كوين»، تظهر هذه المعاملة في نهاية السلسلة، وتشير إلى وقت

«بلوك تشين» تقانة تستخدمها عملات رقمية مثل «بِتّ كوين»، و«إثريوم «Ethereum»، وغيرها من العملات المُشفّرة، وتعد دفتر أستاذ يتميز بأنه لا ينقطع، وغير قابل للتغيير، ويمكن الوصول إليه علناً من جميع التعاملات التي حدثت في الشبكة منذ إنشائها

المعاملة التي كان «سعد» قد استقبل هذه «البِتْ كوين» سابقاً من قبل «ناصر»، والتي تشير بدورها إلى الوقت عندما دُفعت العملة إلى ناصر بواسطة «أنور» قبل ذلك، وهلم جرا، الرسم التوضيحي (3-أ).

ويستلزم الأمر التحقق من صحة أن «سعد» يملك فعلاً عملات «البِتْ كوين»، وأنها لم تنفق بعد في معاملات أخرى. ويتم تأمين الملكية على «بلوك تشين» من قبل زوج من مفاتيح التشفير. الأول، ويدعى «المفتاح العمومي»، وهو موجود للعموم في «بلوك تشين» لأي أحد يراه. والثاني يسمى «المفتاح الخاص»، وصاحبه يبقيه آمناً معه من مشاهدة الآخرين.

المفتاحان لهما علاقة رياضية خاصة تجعلهما مفيدين للتوقيع على الرسائل الرقمية. مثلاً «سعد» يأخذ رسالة، يجمع بينها وبين مفتاحه الخاص، ويقوم ببعض الحسابات، وينتهي منها إلى عدد طويل. أي شخص لديه الرسالة الأصلية ويعرف المفتاح العمومي المقابل

الرسم التوضيحي (3-ب) يحتاج «سعد» إلى طرف ثالث مثل البنك وسيطاً في تعاملاته التقليدية.




كان وراء نظام العملة الجديدة، «بِتْ كوين»، مقالة منشورة باسم مستعار «ساتوشي ناكاموتو» قدمت أول نظام رقمي مُشفّر غير مركزي بين النظراء على الإنترنت

يمكن بعد ذلك القيام ببعض العمليات الحسابية الخاصة به لإثبات أن العدد الطويل كان في الواقع قد جرى توليده بالمفتاح الخاص. والدور الرئيس الذي يقوم به «المُنقّبون» هو ضمان عدم إمكانية عكس التعاملات الجديدة.

والتنقيب في «البِتْ كوين» عملية يتم بها التحقق من التعاملات وإضافتها إلى دفتر الأستاذ العام، والمعروف باسم «بلوك تشين». وعندما يقوم المنقبون بالتحقق من صحة التعاملات، فإنهم يقومون بالفعل بتشغيل برامج صغيرة تعالج البيانات وتوافق أو لا توافق على طلب المعاملة.

وعلى الرغم من أن مصطلح التنقيب مستعار من التنقيب عن المعادن في المناجم، إلا أن التنقيب في المناجم تنتج عنه مواد ملموسة في حين أن تنقيب «بِتْ كوين» يكافأ فيه القائم بالتنقيب بمقدار من عملات «بِتْ كوين» غير ملموسة مقابل خدماته في حفظ سجل التعاملات. وفي «بِتْ كوين»، لا توجد سلطة مركزية لإنفاذ القواعد مثلما يحدث في البنوك، الرسم التوضيحي (3-ب). وهناك «مُنقّبون» مجهولو الهوية يعملون في جميع أنحاء العالم على الرغم من أن لهم ثقافات مختلفة ومرتبطون بنظم قانونية متباينة والتزامات تنظيمية متعددة. ولذلك، لا توجد طريقة لإخضاعهم إلى المساءلة. وتقانة «بلوك تشين» مقاومة بطبيعتها لتعديل البيانات أو تكرار

الصرف. ويمكن النظر إليها مثل «دفتر أستاذ» أو «سلسلة من القوالب» مفتوحة وموزعة يمكن بها تسجيل التعاملات بين طرفين بكفاية وبطريقة يمكن التحقق منها. لكن لا تزال هناك حاجة إلى منع الإنفاق المزدوج للعملة نفسها.

## «ختم الوقت»

يتم تنفيذ النزاهة والترتيب الوقتي لسلسلة القوالب بالتشفير بتقانة ختم وقت العملية. وتقوم الشبكة بختم وقت التعاملات عن طريق تطبيق دالة «هاش» في سلسلة مستمرة من «إثبات العمل Proof of Work»، التي تشكل رقماً لا يمكن تغييره دون إعادة إثبات العمل. أطول سلسلة ليس فقط بمنزلة دليل على تسلسل الأحداث، ولكن دليل على أنه جاء من الحاسوب الذي يملك الصلاحية. ويقوم خادم «ختم الوقت» بأخذ الـ «هاش» الخاص بمجموعة (قوالب) من البنود المطلوب ختمها وقتياً، ونشر «الهاش» على عموم المتعاملين مثل ما يحدث في الصحف، ويُثبت «ختم الوقت» أن البيانات كانت موجودة في ذلك الوقت. ويحتوي كل «ختم وقت» الختم السابق في «الهاش» الخاص به، وبذلك تتكون سلسلة فيها كل «ختم وقت» مُضاف يقوي «ختم الوقت» السابق له، الرسم التوضيحي (4).

## «إثبات العمل»

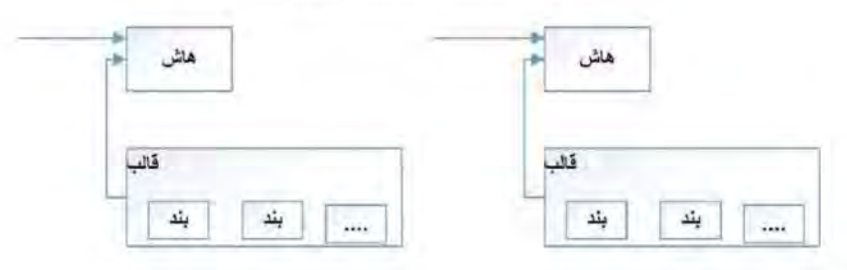
بصفة عامة، يوصف «إثبات العمل» بأنه نظام يتطلب جهداً غير مهم ولكنه مجد من أجل ردع الاستخدامات الحوسبية التافهة أو الخبيثة، مثل إرسال رسائل البريد الإلكتروني Spam المزعج أو هجمات رفض الخدمة Denial of Service.

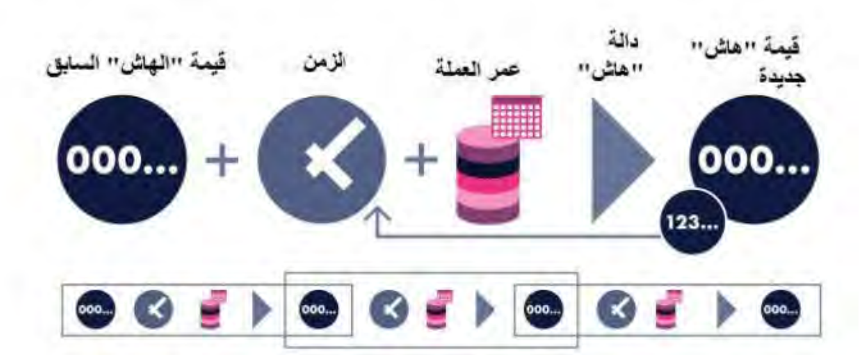
«إثبات العمل» هو قطعة من البيانات التي تستغرق وقتاً طويلاً وتكلفة إنتاجها عالية حوسبياً، ولكن من السهل للآخرين التحقق منها، والتي تلبي متطلبات معينة. «إثبات العمل» يمكن أن يكون عملية عشوائية بحيث تتطلب الكثير من التجربة والخطأ في المتوسط قبل أن يتم إنشاء «إثبات عمل» صالح.

ويستخدم «البِتّ كوين» دالة «هاش كاش Hashcash» في «إثبات العمل» بصفتها جوهر التنقيب في البيانات. ويتفق جميع المنقّبون في شبكة «البِتّ كوين» جهودهم لإيجاد «هاش كاش» إثبات عمل الذي يُعد بمنزلة تصويت في تطور سجل تعاملات «بلوك تشين» والتحقق من صحتها. وفي هذه الشبكة المفتوحة نظير إلى نظير، يتلقى المنقّبون الأخبار عن التعاملات وجمعها لإنشاء قوالب جديدة في تنافس بعضها مع بعض.

ذلك لأن الأول منهم في إنشاء قالب صالح يحصل على عملات «بِتّ كوين» مكافأة مقابل لتلك الخدمة.

رسم توضيحي (4) «ختم وقت» العمليات لمنع ازدواج التعاملات






الشكل (5) يُنشأ المُنقّب في شبكة «البتّ كوين» «هاش» من مجموعة معينة من البيانات. إذا لم يبدأ «الهاش» بعدد معين من الأصفار، تتم إعادة تشغيل دالة «هاش» باستخدام «رقم عشوائي جديد». تضمين القوالب السابقة كل مركبات «الهاش» الجديدة يزيد من صعوبة العبث في التعاملات القديمة ويقوم بإثبات العمل.

ولذلك، فمن الأهمية بمكان أن يكون لدى جميع المنقّبين النسخة نفسها من «بلوك تشين»، وأن جميع التغييرات والتعاملات لا رجعة فيها. ولإبقاء جميع المنقّبين (مثل الموسيقيين) متزامنين، تجعل برمجيات تنقيب «بتّ كوين» من إضافة قوالب جديدة مكلفة جداً من حيث القدرة الحاسوبية، ومن ثم الكهرباء- بل وأكثر تكلفة لتغيير القالب مرة أخرى في السجل.

أي واحد يقوم بالتنقيب ويحاول إضافة قالب جديد يجب عليه أيضاً توفير إثبات التشفير.

> ستقوم تقانة «بلوك تشين» بالتخلص من خدمات نظام سيارات الأجرة «أوبر»، و«نيتفليكس»، وكل مزود «طيران مؤمن» في السوق، بل بلغ الخيال إلى تخيّل إلغاء دور الحكومة المركزي وسيطاً بين الأفراد

من أجل إنتاج الإثبات، يقوم القائم بالتنقيب بهضم القالب الجديد من خلال جولات متعددة من دالة «الهاش»، وهو حساب يأخذ مقداراً وافراً من البيانات ذات الطول الاعتباطي، وخفضها إلى سلسلة أبجدية رقمية لا معنى لها بطول ثابت (هاش).

ولجعل العملية أكثر تحدياً، تتطلب خوارزمية «بلوك تشين» أن تبدأ «الهاش» بعدد معين من الأصفار. وتكمن الصعوبة في حقيقة أنه لا توجد طريقة للتنبؤ بما ستبثه أي مجموعة بيانات معينة، ومن ثم يقوم المنقّبون بتشغيل الحسابات مراراً وتكراراً على القوالب التي تم التحقق منها، وفي كل مرة يدرجون عدداً عشوائياً في مجموعة البيانات. وعندما يتم تغيير هذا العدد، ينتج «هاش» جديد.

وتتم العملية عندما يحصل القائم بالتنقيب على العدد الصحيح من الأصفار. وأول منقب يجد «هاشاً» مُرضياً يعلن عن قالب جديد لغيره من المنقبين، الذين يقومون بالتحقق من ذلك وإلحاقه بالنسخة الكاملة من «بلوك تشين» على أجهزة الحواسيب الخاصة بهم، الرسم التوضيحي (5).

ويمكن النظر إلى «الهاش» بصفته وسيلة لتأمين قوالب السلسلة. نظرياً، هذا العمل والمكافأة التي يحصل عليها القائمون بالتنقيب بمنزلة حوافز للسلوك الجيد.

ومن خلال إجبار القائمين بالتنقيب على تقديم براهين مكلّفة ومن ثم مكافأتهم على مجهودهم، أمكن للمدعو «ساتوشي ناكاموتو» (أياً كان من هو) من إبداع أول عملة رقمية آمنة قابلة للنمو بين النظراء مباشرة من دون وسيط.

## كيف يمكن الاستفادة من تقانة «بلوك تشين» في مجالات أخرى؟

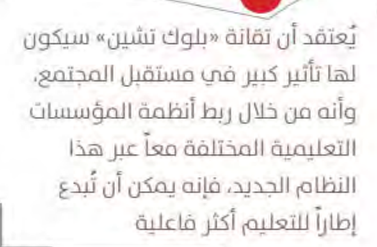
لدى تقانة «بلوك تشين» أيضاً إمكانية التطبيق في مجالات أخرى أوسع، مثل التحكم في الأجهزة وإدارة البيانات و«إنترنت الأشياء»، وإدارة العقود في «سلاسل القيمة» والخدمات اللوجستية والتوزيع والحقوق والمحتويات الرقمية، وحقوق الملكية وإدارة «الاقتصاد التشاركي»، فوق تتبع العملات المشفرة. وتسمح «بلوك تشين»، في شبكة لا مركزية من الوكلاء الاقتصاديين، بالاتفاق حول الحالة الحقيقية للبيانات المشتركة.

ويمكن أن تمثل هذه البيانات المشتركة عمليات الملكية الفكرية أو المعلومات أو أنواع العقود الأخرى أو الأصول الرقمية وإيجاد أنواع جديدة من المنصات الرقمية، مما جعل من «بلوك تشين» تقانة جديدة للأغراض العامة وليس لعملة «بِتّ كوين» فقط.

ويمكن لتقانة «بلوك تشين» العثور على سائقي سيارات الأجرة، وربطهم مع الناس الذين يحاولون الذهاب إلى مكان ما، وإعطاء الطرفين منصة شفافة للدفع من دون وسيط.

ويمكنها أن تصبح بمنزلة مستودع ومنصة إعادة تشغيل البرامج التلفزيونية والأفلام، وغيرها من وسائل الإعلام الرقمية مع تتبع حقوق الملكية الفكرية ودفع مستحقات المبدعين مباشرة.





يُعتقد أن تقانة «بلوك تشين» سيكون لها تأثير كبير في مستقبل المجتمع، وأنه من خلال ربط أنظمة المؤسسات التعليمية المختلفة معاً عبر هذا النظام الجديد، فإنه يمكن أن تُبدع إطاراً للتعليم أكثر فاعلية

ويمكنها أيضاً التحقق من الرحلات الجوية وتعويض المسافرين إذا لم تقلع طائراتهم في الوقت المحدد. وإذا كان الأمر كذلك، فستقوم تقانة «بلوك تشين» بالتخلص من خدمات نظام سيارات الأجرة «أوبر»، و«نيتفليكس»، وكل مزود «طيران مؤمن» في السوق، بل بلغ الخيال إلى تخيّل إلغاء دور الحكومة المركزي وسيطاً بين الأفراد.



## الخدمات الاقتصادية

كثير من البنوك المركزية، بما في ذلك تلك الموجودة في كندا وسنغافورة وإنجلترا، تدرس وتجرب تقانة «بلوك تشين» والعملة المُشفّرة في أعمالها. وتشمل التطبيقات المحتملة مخاطر أقل، وضرائب أكثر كفاية، ومدفوعات أسرع عبر الحدود وأسهل بين سلسلة المصارف.

وبدأت نماذج الأعمال التجارية الاستفادة من استخدام تقانة «بلوك تشين»، ولا سيما في عمليات مكاتب التشغيل الرئيسة، وتحسين الشفافية في مراجعة الحسابات، وفي المنظور التنظيمي.

وسيحقق ذلك مزايا تنافسية رئيسة في صناعة الخدمات التجارية والاقتصادية في السنوات المقبلة.

ودخل السوق كثير من اختراعات سوق رأس المال المبنية على «بلوك تشين»، مثل «السندات الذكية». وهذه الأنواع الجديدة من المنتجات المالية يمكن أن تتحقق من خلال «العقود الذكية»، وهي عقود رقمية تترجم إلى برامج حاسوبية، ولديها القدرة على التنفيذ الذاتي والصيانة الذاتية، ولا تحتاج إلى الصيانة البشرية.

وسيؤدي ذلك الاتجاه إلى معالجة قصور البنية التحتية لأسواق رأس المال الحالية البطيئة والمكلفة، والتي غالباً ما تتطلب الكثير من الوسطاء.

## شبكات التواصل الاجتماعي

في عام 2013، وضع «فيتاليك بوتيرين» الروسي الكندي (طالب علوم حاسب ذو 19 عاماً) ما يسمى «إثريوم Ethereum »، وهي منصة حوسبة مُوزّعة عامة مفتوحة المصدر معتمدة على «سلسلة القوالب» تسهل إبرام العقود الذكية على الإنترنت، وتحاكي العقود التقليدية مع توفير عنصر الأمن والثقة. وكان الهدف منه تبني ما فعلته «بِتّ كوين» كعملة ونشره إلى مجالات أخرى.

ويستخدم «إثريوم» «بلوك تشين» خاص به، ودعاه «الإيثرات ethers». لكن على عكس «بتّ كوين»، يستخدم «إثريوم» برمجيات مصغرة، تسمى العقود الذكية، التي يمكن أن تكون مكتوبة مع كمية غير محدودة من التعقيد.

ويمكن للمستخدمين التفاعل مع البرمجيات عن طريق إرسال التعاملات محملة بالتعليمات، التي يقوم المنقّبون بمعالجتها. هذا يعني أن أي شخص يمكنه تضمين البرمجيات في معاملة ومعرفة أنها ستبقى هناك دون تغيير، ويمكن الوصول إليها مدى الحياة طالما «الإيثرات» موجودة. نظرياً، «إثريوم»، يمكن أن تحل محل «الفيسبوك»، و«تويتر»، و«أوبر، و«سبوتيفاي»، أو أي خدمة رقمية أخرى غير مركزية وشفافة في سياساتها.

## التعليم

وضعت شركة سوني للتعليم العالمي مع شركة «إي بي إم» نظاماً جديداً من شأنه تطبيق تقانة «بلوك تشين» في مجال التعليم تجعل الاستخدام المتبادل من الإنجازات التعليمية وسجلات النشاط مفتوحاً للجميع وآمناً. ويجري الوصول إلى «بلوك تشين» التعليم عبر سحابة حوسبة شركة «إي بي إم» ومدعومة من شركات أخرى.

ويقوم النظام بالتأكد والتحكّم في حقوق استخدام البيانات التعليمية، وواجهة برمجة تطبيقات للتعامل مع حقوق المؤسسات التعليمية.

ويمكن للمشغلين أن يدمجوا ويجمعوا البيانات، من «أنظمة معلومات الطالب» و«أنظمة التعلم»، حتى لو كانت تلك البيانات من مختلف مقدمي الخدمات.

ويقوم النظام بتسجل المعلومات بطريقة يصعب تزويرها، ويتحكم في الوصول إلى المعلومات المُسجّلة، مما يتيح الكشف بصورة موثوقة عن المعلومات إلى أطراف ثالثة مأذون لها فقط.

ويُعتقد أن تقانة «بلوك تشين» سيكون لها تأثير كبير في



مستقبل المجتمع، وأنه من خلال ربط أنظمة المؤسسات التعليمية المختلفة معاً عبر هذا النظام الجديد، فإنه يمكن أن تُبدع إطاراً للتعليم أكثر فاعلية.

## إنترنت الأشياء، والروبوتات، والذكاء الاصطناعي

تتحدث الأجهزة الذكية بالفعل بعضها مع بعض، مثلما يحدث في شبكات إنترنت الأشياء والروبوتات والذكاء الاصطناعي وتعلّم الآلة والتعلّم العميق وتقانات التكييف وأنظمة الأمن في المنزل الذكي. ويمكن في الطرق السريعة التحقق من هوية السائقين وقبول الرسوم من السيارات ذاتية القيادة، وسرعة السداد مباشرة حسب عدد الركاب.

ولعلنا لا نرى شركات النقل الرقمية «أوبر» ولا «كريم» في المستقبل فالتواصل بين المستخدمين سيكون بغير وسيط. وسترفع «بلوك تشين» من شفافية التعاملات والثقة فيها، وعندما تقترن هذه مع إنترنت أشياء، فسيمكن تبادل البيانات المهمة عبر الشركات وعبر العمليات دون وسيط وتصبح أداة قوية لتحويل أعمالهم ونظامهم الإيكولوجي إلى عدم المركزية بحساناتها. فمن الأهمية بمكان الحفاظ على سلامة المعلومات الحساسة التي تجمعها الأجهزة الذكية المتصلة على الإنترنت، خاصة أن كمية تلك البيانات في نمو مستمر. ويتطلب «بلوك تشين» من كل طرف مهتم التحقق من كل معاملة، وتمكين الشركات من تتبع بيانات العمليات في أثناء انتقالها من جهاز إلى جهاز ومنع النزاعات، ودعم المساءلة، والحفاظ على معاملات آمنة وشفافة ودقيقة. ويُنشئ تطبيق «بلوك تشين» حلولاً أكثر قابلية للتطوير وفاعلة وآمنة ولا تتطلب السيطرة ولا إدارة المركزية. وبعد عقد من العمل مع أكثر من 6000 متتبع لإنترنت الأشياء في مجالات صناعة السيارات والنفط والغاز والنقل والفضاء والدفاع، فإن المزيد من الشركات تفهم القيمة الحقيقية لإنترنت الأشياء مع «بلوك تشين». ومن المتوقع أن تنتج البيانات المستمدة من هذه الأشياء المتصلة بالإنترنت عوائد ترفع من القيمة الاقتصادية لإنترنت الأشياء إلى أكثر من 11 تريليون دولار بحلول عام 2025. والله أعلم.



شهد مطلع العام 2016م حدثاً مهماً هزّ المجتمع العلمي بأكمله، إذ أعلن تجمعٌ بحثيٌ بالولايات المتحدة الأمريكية أنه كشف عملياً عن وجود الموجات الثقالية في معملهم المعروف بالـ«ليقو»، وهو اختصارٌ لترجمة مرصد الموجات الثقالية بتداخل الليزر، فما هي الموجات الثقالية؟ ولماذا احتفل المجتمع العلمي بأكمله بهذا الإنجاز العظيم؟

ما الذي نعنيه أولاً بالثقالية؟ الثقالية تشير إلى أن الشيء مرتبطٌ بالجاذبية، والجاذبية بالمعنى الفيزيائي التقليدي هي قوةٌ تؤثر بها الأجسام في بعضها بعضاً نتيجة الكتلة (المادة) التي تختزنها تلك الأجسام، وهذه القوة هي المسؤولة عن بقائنا على سطح الأرض من دون أن نحلق بعيداً في هذا الفضاء، كما أنها القوة المسؤولة عن بقاء النظام الشمسي ودوران كواكبه حول الشمس، ولقد وجد نيوتن أن هذه القوة التي تنشأ بين جسمين تتناسب طردياً مع كتلتيهما، وعكسياً مع مربع المسافة بينهما، أي أنها تزداد بزيادة كتل الأجسام ونقصان المسافة بينهما، ويُسمى هذا القانون بقانون الجذب العام.

# أحدث الموجات اكتشافاً..

# الموجات الثقالية



د. نجم بن مسفر الحصيني

دكتوراه في فيزياء الليزر التطبيقية
قسم الفيزياء بكلية العلوم، جامعة الجوف

لكن لكي نتعرف إلى الموجات الثقالية يجب علينا أولاً أن نشرح نسبية أينشتاين العامة؛ لأن هذه الموجات ما هي إلا إحدى تنبؤات هذه النظرية، فدعونا نتعرف إلى مصطلح الزمكان (الزمان والمكان) قبل أن ندلف إلى شرح النسبية العامة.

لقد اعتقد الفيزيائيون لردح من الزمن أن الأبعاد التي تحدد موقع أيّ جسم هي أبعاده المكانية الثلاثة فقط (الطول والعرض والارتفاع)، فلنفترض مثلاً أنك وضعت كتاباً على طاولة ارتفاعها مترٌ واحدٌ في منتصف حجرة مربعة الشكل تماماً طول ضلعها ٤ أمتار، ولو طلبنا منك الآن تحديد موقع الكتاب الآن فستكون الإجابة بلا شك أن الكتاب يبعد مترين عن كلّ ضلع من أضلاع الحجرة، ومترٍ واحد عن أرضها.

إن هذا كلامٌ دقيقٌ، منطقيٌّ، وسيقودنا حتماً إلى موقع الكتاب، ولكن مهلاً... ماذا لو افترضنا أن أحدهم يسافر في مركبةٍ فضائيةٍ وبسرعةٍ تُقارب سرعة الضوء، سيتباطأ الزمن طبقاً لنسبية أينشتاين الخاصة، ومن ثم ستختلف الأبعاد المكانية عند ذات اللحظة بالنسبة لراصد يقف داخل الحجرة وآخر يسافر في الفضاء! فلو طلبنا من ذاك المسافر في الفضاء تحديد موقع الكتاب فلن يستطيع تحديده باستخدام الأبعاد المكانية فقط ولا بد من إضافة البعد الرابع وهو الزمن، وهذا ما يُسمى بالفراغ رباعي الأبعاد أو فراغ الزمكان.

حسناً، دعونا نعود إلى نسبية أينشتاين العامة، لقد بنى أينشتاين فهمه لهذه النظرية على مبدأ فيزيائي مهم، وهو مبدأ التكافؤ أو المساواة، وينص هذا المبدأ على أنه لا يمكن التفريق بين تأثير الجاذبية وقوى القصور الذاتي وأنهما متماثلان تقريباً، فماذا يعني هذا الكلام؟ لنتخيل الآن أنك تقف في مصعد كهربائي وفي يديك كرتان صغيرتان، لو تركت الكرتين في الظروف الطبيعية ستراهما يسقطان إلى أرضية المصعد تحت تأثير الجاذبية الأرضية، لكن ما الذي سيحدث لو أن

شكل (1): ينحني فضاء الزمكان بسبب الكتل وفقاً لنسبية أينشتاين العامة







أسلاك المصعد انقطعت وهوى بك المصعد إلى الأرض؟ حينها سترى نفسك والكرتين عالقين في الهواء، كأن الجاذبية قد اختفت لأنكم جميعاً في إطار قصوري متسارعٍ جداً، وهذا بالضبط ما يسمى بوضع السقوط الحر، وهو تماماً ما يحدث لرواد الفضاء في محطة الفضاء الدولية.



> تخيل أينشتاين أن الفضاء قطعة هندسية رباعية الأبعاد (الزمكان)، وهذه القطعة أشبه ما تكون بقطعةٍ من القماش التي يمكن أن تنحني إذا وضعنا عليها كتلةً كبيرةً، وتتسبب هذه الكتل (الكواكب والنجوم) التي في الفضاء في انحناء الفضاء الزمكاني

لقد استطاع أينشتاين معرفة الكثير عن الجاذبية بفهم هذا المبدأ، ومن ثم صياغة نسبيته العامة، والأهم من ذلك كله أنه أجاب عن التساؤل الأكبر: ما هي الجاذبية وكيف تعمل؟ لقد تخيل أينشتاين أن الفضاء قطعة هندسية رباعية الأبعاد (الزمكان)، وهذه القطعة أشبه ما تكون بقطعةٍ من القماش التي يمكن أن تنحني إذا وضعنا عليها كتلةً كبيرةً، وتتسبب هذه الكتل (الكواكب والنجوم) التي في الفضاء في انحناء الفضاء الزمكاني، ما يجعل الأجسام المارة بهذه الكتل تنجذب إليها وتنزلق إلى هذا الانحناء. وليس هذا فحسب، بل يمكن للضوء أن ينحني عند مروره بهذه الكتل التي تعتمد جاذبيتها على كتلتها أو مقدار ما بها من مادة، وبمعنى آخر فإن الجاذبية ما هي إلا انحناءٍ أو تقوسٍ في فضاء الزمكان كما يظهر في الشكل (1).

لقد دمرت النسبية العامة نظرية نيوتن عن الجاذبية تماماً، ولكي نوضح ذلك دعونا نفترض أن الشمس اختفت فجأةً وبدون سابق إنذارٍ، فما الذي سيحدث؟



شكل (2) : الموجات الثقالية الناشئة عن حركة الكتل وهي تنتشر في فضاء الزمكان.

طبقاً لفيزياء نيوتن، ستنطلق الأرض وبقية الكواكب بعيداً وبشكلٍ خطيٍ مماسٍ لمدارها حول الشمس لاختفاء جاذبية النجم الذي كانوا يدورون حوله، وستنطلق الأرض لتسبق الضوء بما أنه يستغرق تقريباً ٨ دقائق ليصلنا من الشمس، لكن أينشتاين يعلم أن لا جسم هناك يمكنه أن يسبق سرعة الضوء طبقاً لنسبيته الخاصة، فكيف ستفسر النسبية العامة الحدث؟

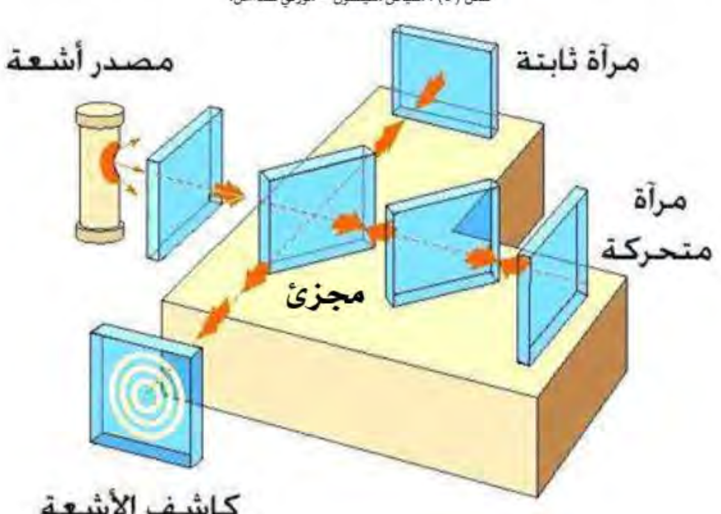
لا يعني اختفاء الشمس تحرر الكواكب مباشرةً طبقاً للنظرية النسبية العامة، وإنما يعني نشوء موجة في فضاء الزمكان تخفي الانحناء السابق الذي نشأ عن كتلة الشمس، وستستمر الكواكب في الدوران حول موقع الشمس السابق حتى انتشار تلك الموجة الجديدة وتعديلها لانحناء فضاء الزمكان.

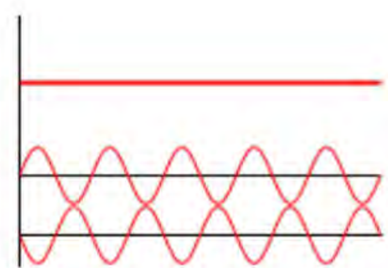
ونسمي هذه الموجات التي تنشأ في فضاء الزمكان بسبب حركة أو اختفاء الكتل الكبيرة الموجودة فيه بالموجات الثقالية.

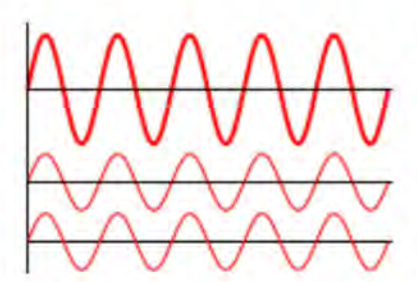
ويوضح الشكل (2) كيف تبدو هذه الموجات في فضاء الزمكان، ويمكن تخيل هذه الموجات كالموجات التي تتحرك في بركةٍ من الماء حين يسقط فيها جسمٌ ما.

دعونا الآن نعود لمعمل ليقو والإنجاز الذي حول الموجات الثقالية من نظريةٍ حسابيةٍ إلى حقيقةٍ مرصودة، فكيف

شكل (3) : مقياس مكيلسون – مورلي للتداخل.







اكتشفت هذه الموجات وكيف استطاع العلماء التحقق من طبيعتها؟ لفهم ذلك، يلزمنا أولاً التعرف إلى مرصد تداخل الليزر وطريقة عمله، فلنأخذ مقياس تداخل الليزر المُسمى بمقياس ميكلسون-مورلي كمثالٍ (الشكل 3)، إذ يتكوّن الجهاز من مصدرٍ لأشعة الليزر التي تسقط على مرآةٍ نصف شفافة، والتي تقسم الحزمة الضوئية بدورها إلى شعاعين، أحدهما يتجه إلى مرآة ثابتة وينعكس عليها، بينما ينفذ الجزء الثاني ليصل إلى المرآة المتحركة وينعكس عليها أيضاً، ومن ثم يتبادل كلا الشعاعين الأدوار بعد أن يعودا إلى المرآة المُقسمة، بحيث ينفذ الشعاع المنعكس سابقاً وينعكس الشعاع النافذ من قبل، ويصل كلاهما إلى شاشةٍ أو كاشفٍ. وسيعاني الشعاعان من فرقٍ في الطور بسبب اختلاف طول المسار الذي يسلكه الضوء (يمكن التحكم به عن طريق تحريك المرآة المتحركة)، وهذا الفرق سينتج عنه سلسلةٌ من أهداب التداخل البناء (مضيئة) والهدام (مظلمة).

إن هذه الأهداب حاصل جمع الموجتين القادمتين من المسارين المختلفين، حيث يحدث التداخل البناء ويظهر شريطٌ مضيءٌ من الشعاع على شاشة الكشف حين تلتقي قمم الموجات مع بعضها، بينما ستلغي الموجتان بعضهما لنحصل على تداخلٍ هدام حين تلتقي قمة إحدى الموجتين مع قاع الأخرى وسنرى شريطاً مظلماً على الكاشف، وإن هذه الأهداب المضيئة والمظلمة ناتجةٌ عن فرق الطور، وهو ما يُمكن التحكم به عن طريق تغيير المسار الضوئي الذي تسلكه الموجتان.

لقد استُخدِم هذا المقياس في العديد من التطبيقات المهمة، ومنها قياس سرعة الضوء وإثبات النسبية الخاصة لأينشتاين، والأهم وهو محور حديثنا: ثبات وجود الموجات الثقالية. فكيف تم ذلك يا ترى؟

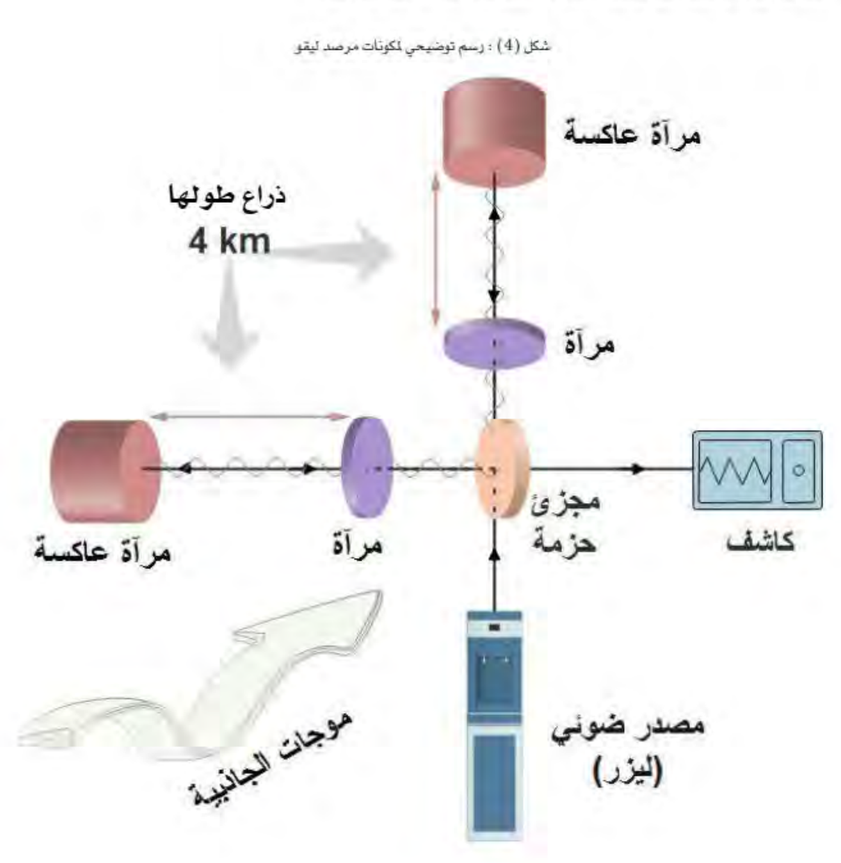
إذا عرفنا أن التداخل بين الأمواج سيتغير عندما يختلف طول المسار الضوئي الذي تسلكه إحدى الموجتين، ولنفترض الآن أن المرآتين ثابتتين في مقياس

لقد تم بناء مرصد ليقو ليمتد المساران الضوئيان فيه على مسافة 4 كيلومتراتٍ لتسهيل عملية الكشف عن الموجات الثقالية، ويوضح الشكل (4) رسماً توضيحياً لمكونات هذا المرصد فقد استخدم العلماء ليزر أشباه موصلات في مدى الموجات تحت الحمراء كمصدرٍ للإشعاع الضوئي

التداخل، فماذا سيحدث عند مرور موجة ثقالية بهذا المقياس وما الذي نتوقع حدوثه؟ إن الموجة الثقالية كما رأينا ما هي إلا تشوهٌ في فضاء الزمكان، ما يعني أن أحد المسارين أو كلاهما سيعاني تغيراً في طوله بسبب هذا الانحناء أو التشوه، وبالتالي سنتمكن من ملاحظة ذلك عن طريق ملاحظة التغير في هدب التداخل الموجودة على الكاشف، ويمكننا الجزم بعد ذلك بوجود الموجات الثقالية أو عدمها.

لقد تم بناء مرصد ليقو ليمتد المساران الضوئيان فيه على مسافة 4 كيلومترات لتسهيل عملية الكشف عن الموجات الثقالية، ويوضح الشكل (4) رسماً توضيحياً لمكونات هذا المرصد، فقد استخدم العلماء ليزر أشباه موصلات في مدى الموجات تحت الحمراء كمصدر للإشعاع الضوئي، والسبب في استخدام الليزر واضحٌ، وذلك لكي يتمكن من قطع هذه المسافة الكبيرة دون أن يعاني من امتصاص أو فقد كبير، ويكون في نهاية كل ذراع كانت هناك مرآةٌ ثابتةٌ وكاشفٌ أيضاً، كما شرحنا آنفاً.

شكل (4) : رسم توضيحي لمكونات مرصد ليقو





شكل (5) : صورة جوية لمرصد ليقو في ولاية لويزيانا بالولايات المتحدة الأمريكية

يزيد طول الذراعين من احتمالية تعرضهما للتشوه الذي تحدثه الموجات الثقالية، وبالتالي يمكن الكشف عن وجودها من خلال ملاحظة التغير في هدب التداخل التي تظهر على الكاشف.

ويجدر الإشارة أخيراً بأن المؤسسة الوطنية للعلوم أقامت معملين متناظرين أحدهما في واشنطن والآخر في لويزيانا، وذلك لمقارنة النتائج التي يتحصل عليها المعملان والخروج بنتائج أكثر دقة، ولقد سجل الموقعان ذات النتيجة في اكتشافهما الثوري الأخير، وهذا ما جعل العلماء يعلنون بكل ثقة عن الكشف عن الموجات الثقالية في حدثٍ كان الأبهج خلال العامين الماضيين.

لقد سجلت البشرية بهذا الاكتشاف انتصاراً جديداً في حل أحد أشد ألغاز هذا الكون غموضاً ألا وهو سر الجاذبية، واستطاع العلماء إثبات هذه الظاهرة التي كانت أشبه بالخرافة لتصبح حقيقةً لا تقبل الجدال، ولكننا لا زلنا في بدايات الطريق كما يبدو، فما أن نصل إلى اكتشافٍ معينٍ، ونسجل انتصاراً ملموساً حتى تظهر لنا المزيد من الصعوبات والتحديات، ويكافح العلماء الآن للتحقق من نظريةٍ أخرى مرتبطة بالموجات الثقالية وهي الجرافيتون، وهو الجسيم الأولي عديم الكتلة والمكون الأساس للموجات الثقالية، إنه أشبه بالفوتون المكون للضوء، فهل ستنجح البشرية في ذلك قريباً يا ترى؟



إن كلّ جيل من أجيال البشر ينتابه شعورٌ بأنه قد بلغ ذروة التقدم التقني في زمانه، وأنه لم يعدّ هناك كثير مما يمكن تحقيقه بعدها، فتخيل مثلاً أنك قابلت رجلاً من أهل مصر عاش قبل مئتي عام، وسافرت به الطائرة من مصر إلى مكة المكرمة، لتحط بعد بضع ساعات ويفتح بابها، ويخرج الرجل ليرى الكعبة أمامه! ماذا ستكون ردة فعله في رأيك؟ لن يصدق ما يراه بطبيعة الحال، بل سيظن أنك ساحرٌ غالباً.

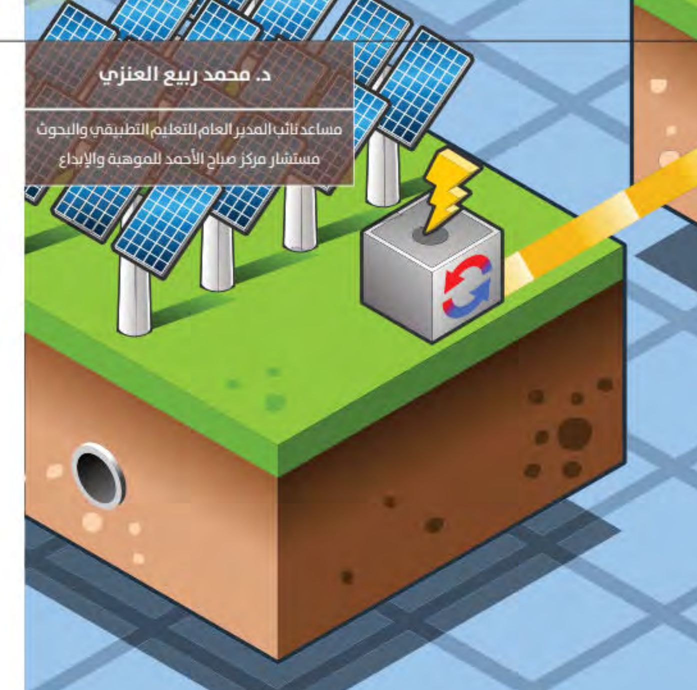
وكذلك نحن في زماننا هذا، نعتقد أننا حققنا أقصى ما يمكن تحقيقه على الصعيد التقني، وكثير منا يشكك فيما يتوقعه العلماء للمستقبل، وما يُمكن أن يُحققه من بعدنا، ونراه خيالاً لا يتحقق إلا في أفلام الخيال العلمي والروايات.

# قياس التقدم التقني للحضارة البشرية



د. محمد ربيع العنزي

مساعد نائب المدير العام للتعليم التطبيقي والبحوث
مستشار مركز صباح الأحمد للموهبة والإبداع



قد تتبادر إلى الأذهان عدة أسئلة هنا وسنحاول الإجابة عنها، فهل هناك حدودٌ للتقدم التقني؟ وإن كانت هناك حدودٌ فأين نحن منها كحضارةٍ بشريةٍ؟ إن الأسئلة السابقة تحتم علينا إيجاد معيارٍ تقني عالمي، فهل هناك طريقةٌ لقياس التقدم التقني لجميع الحضارات؟

## مقياس كارداشيف

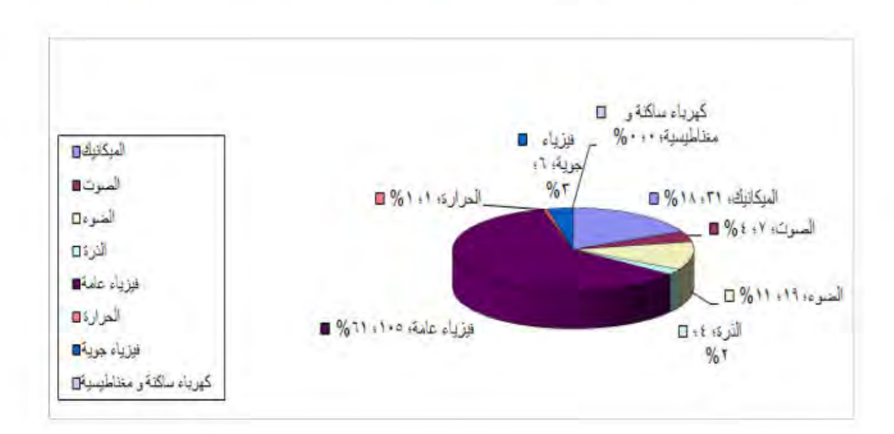
قبل نصف قرن تقريباً، اقترح عالم الفلك السوفييتي نيكولاي كارداشيف منهجيةً لقياس التقدم التقني لأي حضارةٍ بغض النظر عن مضمون أو هيئة هذه التقنية، وحصر مؤشر التقدم التقني بمقدار الطاقة التي يمكن لأي حضارةٍ حصادها، والسيطرة عليها.

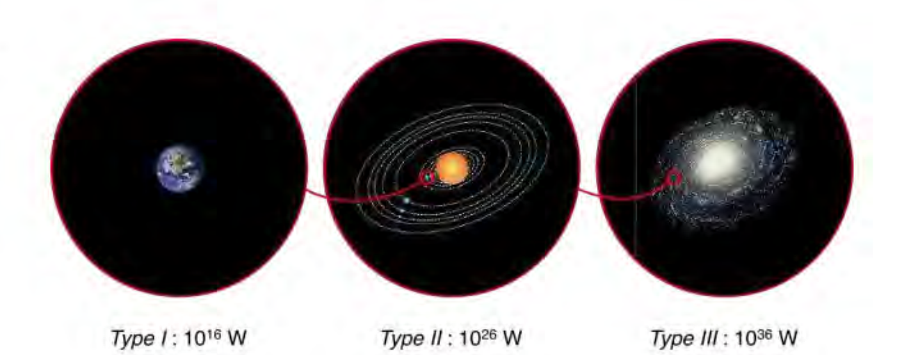
وقسم مقياس كارداشيف الحضارات إلى ثلاثة مستوياتٍ، وبناءً عليها كان المستوى 1 للحضارة التي تتمكن من السيطرة على جميع الطاقة الساقطة على جميع مساحة كوكبها الأم من الشمس، والتي تساوي $10^{16}$ واطاً، والمستوى 2 هو للحضارة التي تسيطر على كلّ الطاقة التي يولدها نجمها والمُقدرة بـ $10^{26}$ واطاً، والمستوى 3 للحضارة التي تسيطر على جميع الطاقة في كامل مجرتها والتي تساوي $10^{36}$ واطاً.

أضاف بعض العلماء عدة مستوياتٍ بعدها كالمستوى 0، والمستوى 4 الذي ستتمكن فيه الحضارة من الاستحواذ على كلّ طاقة الكون المنظور والتي تساوي $10^{46}$ واطاً، وأخيراً المستوى 5 الذي ستسيطر فيه الحضارة على طاقة الأكوان المتعددة في كل الأزمنة المكنة، ولقد أخذت هذه الإضافات مدى المعرفة التي تمتلكها الحضارة في الحسبان بجانب القدرة على السيطرة على الطاقة.

كما نعرف جميعاً، تنتج حضارتنا البشرية اليوم الطاقة من خلال حرق الوقود الأحفوري والغاز غالباً، وبنسبةٍ أقل من الخلايا الشمسية والمفاعلات النووية








الانشطارية، ولكنها مع ذلك لا تستحوذ إلا على فتات لا يُذكر من طاقة كوكب الأرض الذي تصله طاقةٌ شمسيةٌ تعادل 174,000 تيراواط تقريباً، ولا يستحوذ البشر منها إلا على قرابة 17 تيراواطاً فقط.

لهذا السبب، تُعد حضارتنا أقل مرتبةً من أن تصنف ضمن المستوى 1، ويرى العلماء أنها ما زالت في المستوى 0، ويتنبؤون بأنها بحاجة إلى عدة قرون على أحسن تقدير لتضاعف الطاقة التي تسيطر عليها مئة ألف مرة وتصبح ضمن المستوى 1، وقد يكون ذلك من خلال رفع كفاءة إنتاج الطاقة الشمسية، وتطوير تقنية مفاعلات الطاقة النووية الاندماجية، أو إيجاد طرائق لإنتاج المادة المضادة تجارياً واستخدامها في توليد الطاقة.

ويُرجح أن يستغرق وصولنا إلى مرحلة حصد طاقة الشمس كاملةً آلاف السنين لنصبح حضارةً من المستوى 2، ووقتاً أكثر من ذلك بكثير من مئات آلاف السنين أو حتى ملايين السنين لنصل للمستوى 3، حينها سنسيطر على كامل طاقة مجرة درب التبانة التي تحتوي على مئات مليارات النجوم، ولكم أن تتخيلوا موقع حضارتنا الحالي على هذا المقياس ومقدار بدائيتها.

> قبل نصف قرن تقريباً، اقترح عالم الفلك السوفييتي نيكولاي كارداشيف منهجيةً لقياس التقدم التقني لأي حضارةٍ بغض النظر عن مضمون أو هيئة هذه التقنية، وحصر مؤشر التقدم التقني بمقدار الطاقة التي يمكن لأي حضارةٍ حصادها، والسيطرة عليها

## مقياس بارو

بدلاً من القدرة على حصاد الطاقة، قدم عالم الفيزياء والكونيات البريطاني جون بارو تصوراً آخر لقياس تقدم الحضارة التقني، إذ وضع مقياسه بناءً على صغر حجم الأشياء التي يمكن للحضارة التحكم بها، وقسم مقياس بارو الحضارات إلى عدة مستويات، أولها هو المستوى 1 الذي يتحكم في أشياء مادية كتشييد المباني، وربط وفصل الأشياء الصلبة، بينما يتحكم المستوى 2 بالموروثات عبر قراءة وهندسة الشفرة الوراثية، ويزرع ويستبدل الأعضاء الحية بسهولة، أما المستوى 3 فيتحكم بالجزيئات وروابطها ويصنع مواد جديدةً،



والمستوى 4 يتحكم بالذرات المفردة بتطبيقات تقنية النانو على المستوى الذري وينتج أشكال حياةٍ اصطناعية معقدةٍ، وبعدها يتحكم المستوى 5 بأنوية الذرات ويهندسها، ويتضمن المستوى 6 التحكم بالجسيمات الأولية كالكواركات واللبتونات، وأخيراً يشمل المستوى 7 (أو مستوى أوميجا) التحكم بالمكونات الأساسية للزمان والمكان.

ووفقاً لهذا المقياس، اجتازت الحضارة البشرية المستوى 3 بإتقانها لعلوم الكيمياء، والفيزياء، والأحياء، كما أخذت أولى خطواتها على أعتاب المستوى 4 بتطوير تطبيقات تقنية النانو، وعلوم المواد، وأشباه الموصلات، كما نرى عدة بشائر للمستوى 5 في تطبيقات الفيزياء النووية والاكتشافات التي يحققها مصادم الهدرونات الكبير المتعلقة بالجسيمات الأولية.

## مقياس زوبرين

هو مقياسٌ آخر للتقدم الحضاري قدمه مهندس الفضاء الأمريكي روبرت زوبرين، ويعتمد على مدى اتساع نطاق الحضارة وانتشارها واستعمارها لما حولها من أماكن، ولقد قسم هذا المقياس الحضارات إلى 3 مستوياتٍ يكون فيها المستوى 1 محصوراً في انتشار الحضارة على كوكبها الأصلي واستعماره، بينما يشمل المستوى 2 الانتشار على امتداد كامل المجموعة النجمية واستعمارها، والمستوى 3 يعني انتشار الحضارة إلى كامل المجرة واستعمارها. وبحسب هذا المقياس، لا شك في أن الحضارة البشرية أتمت المستوى الأول، فقد بدأت بغزو الفضاء في القرن الماضي، وأوصلت إنساناً إلى سطح القمر وعدة مركباتٍ إلى أطراف المجموعة الشمسية، وتخطط في المستقبل المنظور لاستعمار كوكب المريخ، وهي في مرحلة تطوير المعدات اللازمة لخوض غمار المستوى التالي.

على وجه العموم، إن جميع المقاييس التي استعرضناها هنا تحاول قياس مدى التقدم التقني لحضارتنا البشرية، وهذا لا يعني بالضرورة مقارنتها بحضاراتٍ أخرى، فنحن لا نعرف شيئاً عن أيّ حضارةٍ غير حضارتنا حتى الآن، بل لا نعرف إن كانت موجودةً أصلاً، لذلك فالمقارنة افتراضيةٌ بحتةٌ. وتنحصر فائدة هذه المقاييس حالياً في كونها تمنحنا فرصةً لمقارنة ما حققته حضارتنا البشرية حتى الآن بما نعرف أن الممكن تحقيقه نظرياً، وهو أمرٌ مهمٌ للغاية.



ووفقاً لمقياس بارو، اجتازت الحضارة البشرية المستوى 3 بإتقانها لعلوم الكيمياء، والفيزياء، والأحياء، كما أخذت أولى خطواتها على أعتاب المستوى 4 بتطوير تطبيقات تقنية النانو، وعلوم المواد، وأشباه الموصلات

يُرجح أن يستغرق وصولنا إلى مرحلة حصد طاقة الشمس كاملةً آلاف السنين لنصبح حضارةً من المستوى 2، ووقتاً أكثر من ذلك بكثير من مئات آلاف السنين أو حتى ملايين السنين لنصل للمستوى 3

إضافة إلى تميز مقياس كارداشيف بأسبقيته وأصالته، نرى أنه اختار معياراً لا يتأثر بنوع أو شكل التقنية المتاحة لأيِّ حضارة، فهو يقيس مدى قدرتها على إنتاج الطاقة واستهلاكها فقط، ولعله كان من الأفضل أن يشمل في مقياسه مدى فاعلية استهلاك الطاقة وتخزينها، فقد تنتج حضارةٌ ما طاقةً أعلى من حضارة أخرى ولكن فاعلية استهلاكها متدنيةٌ، فأي الحضارتين أكثر تقدماً في هذه الحالة؟ كما أن فاعلية استهلاك الطاقة تعتمد بشكلٍ أو بآخر على نوع الأجهزة، والمعدات، مصادر الطاقة، واحتياجات الحضارة للطاقة وأوجه استهلاكها، كما تتأثر وتؤثر في جميع مناحي الحياة فيها.

بينما يقدم مقياس بارو في الناحية الأخرى تقييماً أكثر دقةً وتفصيلاً، وهو أفضل إذا ما استخدم لقياس تقدم حضارتنا البشرية بشكلٍ مطلقٍ وليس لمقارنتها بحضارات أخرى، فكلما زادت قدرتنا على التحكم بأشياء أصغر تمكنا من تحقيق أشياء أفضل، وهو ما يؤثر بالطبع في إنتاجنا واستهلاكنا للطاقة بالإضافة إلى تصنيع معدات أفضل بتكلفة أقل وجهد أقل. ولكن تطوير مثل هذه التقنية والتقدم بها أيضاً يعتمد على قدرتنا على توفير الطاقة لاستمرار الأبحاث والتصنيع، ولكن المقياس يفترض أن الحضارات الأخرى تشبه حضارتنا البشرية، وهو افتراضٌ غير دقيق بالضرورة. وفي نهاية المقال ندعو القارئ ليتأمل في هذا السؤال: كم قرناً تحتاج إليه البشرية قبل أن تصل إلى على مستوى في المقاييس المذكورة؟.



د. دحام إسماعيل العاني

مستشار رئيس مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية

«فلسفة العلم من دون تاريخه خواء، وتاريخ العلم من دون فلسفته عماء»..
الفيلسوف المجري إمري لاكاتوس

# القلب وأمراضه (٢)
# د. شبلي شميل *

«تُعنى هذه الزاوية ببدايات الصحافة العلمية من خلال عرض بعض القضايا العلمية التي طرحتها الصحافة العربية وهي في مرحلة التشكّل. وتبرز الزاوية اهتماماً صحفياً مبكّراً بالعلوم، ومواكبة التطور العالمي في ميادينها المختلفة».

واصل الدكتور شبلي شميل حديثه عن القلب وأمراضه، وقدم جزءاً ثانياً في العدد (16) من مجلة «البيان» الصادر في فبراير 2018م. وأشار إلى أنه أورد في الجزء الأول كلاماً مختصراً عن «القلب وتركيبه ووظيفته، وما يطرأ عليه من الأمراض، مع ذكر أهم المفردات الدوائية والقواعد الهيجينية والتدبير الغذائي».

وأوضح في هذا الجزء أن العلل تُقسم إلى قسمين كبيرين، وهما: العلل الوظيفية، والعلل العضوية.

وعرّف العلل الوظيفية بأنها «التي يصحبها اضطراب في وظيفة هذا العضو مع عدم وجود آفة في بنائه التشريحي. لا في عضلته، ولا فوهاته، ولا في صماماته، فتفقد ضربات القلب انتظامها المعهود».

وأوضح أن هذه العلة تظهر خصوصاً في الأحداث والعصبيين، وبخاصة النساء، وتكثر في حالة فقر الدم «والخلوروسس»، الذي عرفه بـ«الأخضر والهستيريا».

كما ذكر أن «لأمراض المعدة وعسر الهضم شأناً عظيماً في إحداث مثل هذه الاضطرابات العارضة في وظيفة القلب».

وأكد ضرورة علاج هذه الأسباب «بمجهزات الكينا والحديد في أحوال فقر الدم، وتسكين تهيج الأعصاب في الهستيريا، وسائر العلل العصبية.. ومداواة المعدة».

وأوضح شبلي أن «العلل العضوية التي يصحبها تغير في نسيج القلب وبنائه المادي تقسم إلى حادة ومزمنة، فالحادة هي التهاب بطانة القلب، والتهاب نسيجه العضلي». وأشار إلى أن هاتين العلتين ترتبطان بأمراض أخرى كداء المفاصل الحاد، وبعض الحميات.

ونبه شبلي إلى أن أمراض القلب المزمنة هي الأمراض التي يتجه إليها الذهن عند ذكر أمراض القلب، وهي علل الصمامات والفوّهات والضخامة والتمدد.

وذكر أن أول شرط في علاج أمراض القلب الراحة الجسدية والفكرية، ولذلك يجنب أصحابها جميع الأعمال الشاقة، وكل ما يحرك الانفعالات النفسانية الشديدة والخطرة جداً.

وأكد أهمية تجنب إتعاب المعدة بالمأكل، مشيراً إلى أن «أفضل الغذاء اللبن لسهولة هضمه، ولتأثيره الحسن في تعديل سائر وظائف الجسم، خصوصاً وظيفة الكليتين اللتين لهما شأن عظيم في تعديل وظيفة القلب».

وربط شبلي بين علل الصمامات والفوّهات وتضخم القلب، وتمدده تعويضاً لنقص وظيفتها، موضحاً أن أكثر العلل في الصمامات التاجية، والفوهة التي بين الأذين الأيسر والبطين الأيسر، والصمامات الهلالية، والفوهة التي بين هذا البطين والأورطي.

وأشار إلى عدم وجود علاج ناجع للعلل الناتجة من «نقص الفوهات وضيق الفوهات»، والسبيل هو تقوية القلب للقيام بوظيفته، ثم علاج علل الأعضاء الأخرى، كالرئتين، والكليتين، والكبد، وعلاج ضعف الدم وقلته «الأنيميا».

وتناول شبلي العقاقير المستعملة في أمراض القلب، وذكر أنها تقسم إلى مقويات، كالديجيتال والقهوين، ومعدلات لوظيفته، كالبرومور واليودور، الذي وصفه بأنه «أهم العقاقير المعروفة».

وأوضح أن «القاعدة الكبرى في الطب مداواة المريض لا مداواة المرض، بناءً على أن المرض الواحد تختلف أعراضه باختلاف المرضى».

وأشار إلى استخدام الفصد العام «لاستفراغ مقدار من الدم لمقاومة الاحتقانات الشديدة، والتخفيف عن القلب»، وذكر أهمية المقويات العمومية، كالحديد، وفائدة الديجيتال والقهوين في إدرار البول، موضحاً أهمية الكليتين في صحة الجسد، وكذلك الكبد.

---

* شبلي شميّل (١٢٧٦ هـ - ١٣٣٥ هـ / ١٨٥٠ - ١٩١٧م)، مسيحي لبناني من طلائع النهضة العربية، تخرج في الكلية البروتستانتية / الجامعة الأمريكية في بيروت، ثم توجّه إلى باريس لدراسة الطب، ثم استقر في مصر، أقام في الإسكندرية، وطنطا، ثم القاهرة، أصدر مجلة (الشفاء) سنة ١٨٨٦م، وكان أول من أدخل نظريات داروين إلى العالم العربي من خلال كتاباته في المقتطف، ثم مؤلفه (فلسفة النشوء والارتقاء). كما أصدر هو وسلامة موسى صحيفة أسبوعية اسمها المستقبل سنة ١٩١٤ لكنها أغلقت بعد ١٦ عدداً.

# ألعب بتوازن بين الطب والشعر والإعلام

الإبداع في ظني ليس مهنة، إنما هو حقيقة، أنا طبيب، وأحفظ توازني بين مهنتي، بوصفي طبيباً، وحقيقتي، وهي أنني شاعر.
وأستطيع أن أقول إنني ألعب بتوازن بين الطب والشعر والإعلام والمريخ

ولدت في حي العباسية بمدينة أم درمان، ونشأت في قرية الفريجاب بولاية الجزيرة في السودان، وبدأت مراحلي الدراسية في الفريجاب ثم طابت، ثم حنتوب الثانوية، ومنها إلى جامعة الخرطوم كلية الطب.

نشأت في بيئة دينية، وفي منطقة الجزيرة الخضراء، وكان لهذا أثر كبير في تعلقي بالجمال، الذي يعدّ الشعر وسيلة التعبير عنه.

وكان للوالد-رحمه الله- دور كبير في دفعي إلى كتابة الشعر، إذ كان يقوم بتحفيظ القرآن الكريم للطلاب في مسيد جدي الشيخ المعروف في الفريجاب، وقد حفظت القرآن الكريم فأصبحت أمتلك ناصية البيان، ومن ثم، لم أجد أي صعوبة تُذكر في كتابة الشعر.

كنت إلى جانب الشعر أعشق الرياضة، وكنت أمارس كرة القدم، والكرة الطائرة، ومع أنني يمكن أن أدعي أنني كنت لاعباً مميزاً في كرة القدم، إلا أنني كنت نجماً في الطائرة، ومثلت جامعة الخرطوم، ولا يخفى على أحد ارتباطي بفريق المريخ، الذي كتبت فيه كثيراً من القصائد.

طبعاً الشعر رافقني منذ الصبا؛ لأنني وجدت نفسي وسط أسرة تتنفس شعراً، وأستطيع أن أقول إن أمي أرضعتني الشعر إرثاً وغرساً، فهي حفيدة الدوحة الطيبية، عمُّها مباشرة الشاعر الكبير محمد سعيد العباسي، والدوحة الطيبية أنجبت شعراء كثراً، مثل: العباسي والناصر قريب الله، والشاعر الكبير سيف الدين الدسوقي (ابن خالي)، والشاعر محيي الدين الفاتح.

وقد سبق الشعر الطب بسنوات، وكنت محظوظاً؛ لأنني التحقت بمدرسة طابت الوسطى، وما أدراك ما طابت التي تتنفس الشعر وتكتحل به، ومن طابت إلى حنتوب الجميلة، التي فيها وجدت الأستاذ الشاعر الكبير الهادي آدم صاحب القصيدة المشهورة "أغداً ألقاك" التي تغنت بها السيدة أم كلثوم، كما وجدت في كلية

استشاري أمراض صدرية وتنفسية وشاعر ومقدم برامج طبية

الطب بجامعة الخرطوم الدكتور محمد عبد الحليم، وحسبو سليمان، وغيرهما من الشعراء والأدباء الكبار.

ونحن امتداد للأجيال التي سبقتنا، فقد وجدنا جيل الحركة الوطنية، الذي كان له إنتاج أدبي وفكري عظيم، وكنا نشترك معهم في الأمسيات الأدبية والمناسبات الشعرية نفسها.

وكان للصحافة دور كبير في انتشار شعري، وأذكر أن الصحفي الكبير الأستاذ كمال حسن بخيت نشر أولى قصائدي في عام 1974م، وقد كنت وقتها طالباً في جامعة الخرطوم.

وقد ميزني الشعر بين زملائي عندما كنت طالباً، كما أنه ساعدني في المجال المهني، إلى جانب أنه كان مفتاحي للعمل الإعلامي، فقد أوصلني إلى الأجهزة الإعلامية، وإلى جمهور عريض أعتز كثيراً بمحبته لأعمالي.

وساعدني الفن في كسب محبة جمهور كبير، من خلال القصائد التي تغنى بها الفنانون: محمد الأمين، ومحمد ميرغني، وعاصم البنا.

وفي المجال الإعلامي، قدمني إلى التلفزيون الأستاذ محمد حجازي، وكان ذلك في عام 1975م، بينما تولت المذيعة الراحلة ليلى المغربي تقديمي إلى المشاهد.

وأشهر البرامج التي قدمتها "صحة وعافية" في التلفزيون القومي، ثم في قناة النيل الأزرق الفضائية.

وفي الصحافة الورقية، كنت رئيساً لمجلس إدارة صحيفة نادي المريخ، وسكرتيراً لتحريرها، ومديراً عاماً لها، وعملت في إحدى الصحف السياسية فترة طويلة، واكتسبت خبرة جيدة في صحيفة المريخ.

والإبداع في ظني ليس مهنة، إنما هو حقيقة، أنا طبيب، وأحفظ توازني بين مهنتي، بوصفي طبيباً، وحقيقتي، وهي أنني شاعر.

وأستطيع أن أقول إنني ألعب بتوازن بين الطب والشعر والإعلام والمريخ، فالشعر موهبة، والطب دراسة، والإعلام هواية، والمريخ العِشق الأكبر، ولذلك ألعب بتوازن بين هذا الرباعي ولا أنحاز إلى أي طرف على حساب بقية الأطراف.




**@alfaisalscimag**